

# Efecto de la mortalidad por COVID-19 en la esperanza de vida en los municipios de México. Comparación 2019 y 2020

Felipe J. Uribe-Salas,<sup>1\*</sup> Gerardo Núñez-Medina<sup>1</sup> y Juan Parra-Ávila<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Estudios de Población; <sup>2</sup>Oficina Regional. El Colegio de la Frontera Norte, Piedras Negras, Coahuila, México

## Resumen

**Antecedentes:** La esperanza de vida es un indicador relacionado con condiciones médicas, demográficas, sociales y geográficas. **Objetivos:** Analizar el efecto de la pandemia de COVID-19 en la esperanza de vida y de su distribución según variables sociodemográficas en municipios de México. **Material y métodos:** Se recabó información sobre mortalidad de la Secretaría de Salud, así como información demográfica del Censo de Población y Vivienda de 2020. La esperanza de vida se calculó conforme el método actuarial estándar. Se realizó análisis de riesgo entre la pérdida de la esperanza de vida en años y el tamaño de la población, población económicamente activa, años de escolaridad y población de habla indígena. **Resultados:** En 2020 se registró una caída promedio de 4.7 años en la esperanza de vida a nivel nacional, pero su distribución fue heterogénea en los municipios, con valores extremos de -2.8 años y 12.6 años. El análisis de riesgo mostró una relación inversa entre las variables sociodemográficas y la pérdida de años de esperanza de vida, con excepción de la población de habla indígena. **Conclusiones:** El impacto de la pandemia de COVID-19 en la esperanza de vida en México fue significativo, matizado por las variables sociodemográficas analizadas, particularmente por el tamaño de la población de los municipios.

**PALABRAS CLAVE:** COVID-19. Esperanza de vida. México. Mortalidad. Municipios.

**Effect of COVID-19 mortality on life expectancy in municipalities of Mexico. Comparison between 2019 and 2020**

## Abstract

**Background:** Life expectancy (LE) is an indicator related to medical, demographic, social and geographic conditions. **Objectives:** To analyze the effect of the COVID-19 pandemic on LE and of its distribution according to sociodemographic variables in municipalities of Mexico. **Methods:** Information on mortality was collected from data published by the Ministry of Health, and demographic information from the 2020 Population and Housing Census. LE was calculated according to the standard actuarial method. A risk analysis was carried out between expected years of life lost and the size of the population, economically active population, years of education and indigenous-speaking population. **Results:** In 2020, there was a nationwide average drop of 4.7 years in LE, but its distribution was heterogeneous at the municipal level, with extreme values of -2.8 years and 12.6 years. The risk analysis showed an inverse relationship between sociodemographic variables and expected years of life lost, except for the indigenous-speaking population. **Conclusions:** The impact of the COVID-19 pandemic on LE in Mexico was significant, and was influenced by the analyzed sociodemographic variables, particularly by the municipalities' population size.

**KEYWORDS:** COVID-19. Life expectancy. Mexico. Mortality. Municipalities.

### \*Correspondencia:

Felipe J. Uribe Salas

E-mail: fjuribe@colef.mx

0016-3813/© 2023 Academia Nacional de Medicina de México, A.C. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 18-04-2023

Fecha de aceptación: 18-09-2023

DOI: 10.24875/GMM.23000153

Gac Med Mex. 2023;159:398-408

Disponible en PubMed

[www.gacetamedicademexico.com](http://www.gacetamedicademexico.com)

## Antecedentes

La pandemia de COVID-19 se inició en México el 29 de febrero de 2020 cuando se reportaron los primeros dos casos.<sup>1</sup> Durante ese año se presentó la primera curva epidémica, cuyo ápice se registró el 2 de agosto con 9866 casos; en diciembre se inició el ascenso de la segunda curva, que alcanzó su punto más alto el 22 de enero de 2021 con 22 339 casos.<sup>2</sup> Así, el 31 de diciembre de 2020, en México se reportaron 1 426 094 casos y 125 807 muertes por COVID-19.<sup>3</sup> De acuerdo con este reporte, la curva de muertes empezó a elevarse a partir de la semana 14 de 2020 (del 5 al 11 de abril) con aproximadamente 60 eventos, para alcanzar su máximo pico con 5000 muertes en la semana 29 (del 19 al 25 de julio). La curva de muertes descendió hasta la semana 41 (del 11 al 17 de septiembre), con aproximadamente de 1100 muertes, para incrementarse de nuevo hasta alcanzar su máximo pico la segunda quincena de enero de 2021.<sup>3</sup>

Desde un enfoque de salud pública, la importancia del estudio de la mortalidad estriba en que permite identificar problemas y determinar prioridades.<sup>4</sup> La esperanza de vida (EV) es un indicador prioritario en el estudio de la mortalidad, porque se ha mostrado que diferentes factores que afectan la salud tienen consecuencias en ella. La EV se define como el número de años que cabe esperar que viva un recién nacido si estuviera expuesto a las tasas de mortalidad específicas por edad y sexo prevalentes al momento del nacimiento.<sup>5</sup> En consecuencia, la EV es un indicador de salud de la población, sensible a múltiples condiciones sociales, económicas, políticas y biológicas que favorecen su incremento o decremento. Los resultados de una revisión sistemática de la literatura mostraron una relación significativa entre factores sociodemográficos, macroeconómicos y de atención a la salud con variaciones en la EV.<sup>6</sup>

En México, el incremento en la frecuencia de enfermedades no transmisibles ha tenido efecto en la disminución de la EV en los grupos de población de 60 o más años, particularmente por enfermedades isquémicas del corazón y por diabetes.<sup>7</sup> Las muertes violentas también tienen un impacto importante en la EV porque se presentan con mayor frecuencia en población joven, al igual que las muertes por accidente de transporte.<sup>8</sup> Un aspecto de gran importancia por estudiar en la distribución de la EV es su disparidad geográfica y por regiones. Wang et al.<sup>9</sup> proporcionan elementos para investigar el efecto de las disparidades

geográficas en las variaciones de la EV y de los determinantes sociales de la enfermedad. Por su parte, Ladoy et al.<sup>10</sup> identifican huellas geográficas de desigualdades relacionadas con variaciones en la EV.

Una condición sanitaria con gran impacto en la EV en diferentes poblaciones y países ha sido la pandemia de COVID-19.<sup>11,12</sup> En 2020, la segunda causa de muerte en México se debió a la infección por SARS-CoV-2, que representó 18.6 % del total de muertes, solo después del grupo de enfermedades cardiovasculares, que alcanzó 23.9 % del total.<sup>13</sup> Un estudio realizado en México entre marzo y diciembre de 2020 mostró una caída en la EV de 2.5 años en las mujeres y de 3.6 años en los hombres por efecto de la pandemia de COVID-19.<sup>14</sup> Ese estudio mostró una distribución heterogénea en la caída de la EV en los estados del país, pero, a diferencia de la presente investigación, no determinó su distribución tomando como unidad de análisis los municipios de México.

Hasta el momento no se han realizado investigaciones en las cuales se evalúe la caída de la EV por efecto de la pandemia de COVID-19 a nivel municipal en México. El presente trabajo tuvo por objetivo determinar el impacto de la pandemia de COVID-19 en la EV y la distribución de esta de acuerdo con el tamaño de la población de los municipios de México entre 2019 y 2020, matizando su efecto por otras variables sociodemográficas.

## Material y métodos

En este estudio se utilizó la información sobre mortalidad de los datos abiertos publicados por la Secretaría de Salud.<sup>15</sup> El periodo para el cálculo de la EV fue del 1 de enero de 2019 (año previo a la pandemia) al 31 de diciembre de 2020 (año de la pandemia). Se procesaron las muertes por COVID-19 acumuladas por día y por edad en el país, los estados y los municipios. La población por edad de 2020 se obtuvo del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI 2020), la cual fue interpolada a mitad del año utilizando la tasa de crecimiento intercensal 2015-2020.<sup>16</sup> El mismo método se siguió con el manejo de la población de 2019. Este trabajo se concentró en el análisis de la información de los municipios de México. Con el fin de analizar el impacto de la mortalidad por COVID-19 según los grupos de edad, se graficó la distribución del logaritmo natural de la probabilidad de morir comparando la de 2019 con la de 2020.

Para evaluar la diferencia en la EV entre 2019 y 2020 se construyeron tablas de vida de acuerdo con

el método actuarial estándar.<sup>17</sup> El procedimiento se inició con la distribución de la edad ( $x$ ). A continuación se indican las funciones que se utilizaron:<sup>18</sup>

- La tasa central de mortalidad, representada por la notación  $n_m_x$ , se calcula con el cociente de  $ndx$  y  $nLx$ , que representan las defunciones y la población a mitad del periodo entre  $x$  y  $x + n$ .
- La función de riesgo  $nqx$  enumera la proporción de individuos vivos al comienzo del intervalo  $x$  a  $x + n$  que muere en algún momento del intervalo.
- La notación  $lx$  indica el número de personas de la cohorte original que están vivas en su aniversario  $x$ .
- La notación  $ndx$  representa el número de  $lx$  al comienzo del intervalo  $x$  a  $x + n$  que muere en algún momento durante el intervalo.
- La notación  $nLx$  se conoce como población estacionaria. Representa el número de años-persona vividos por la cohorte original de la tabla sintética dentro del intervalo de edad  $x$  a  $x + 1$ .
- La notación  $Tx$  indica el total de años-persona vividos más allá de su cumpleaños  $x$  por  $lx$  vivos en ese cumpleaños.
- La notación  $ex$  representa el promedio de años de vida remanentes para un individuo que vive a la edad  $x$ .

La distribución de la diferencia en la EV durante el periodo señalado se presentó por municipio y fue plasmada en un mapa.

Debido a que la variable dependiente no tuvo una distribución normal, se realizó una prueba de correlación no paramétrica de Spearman para evaluar la relación entre el tamaño de la población de los municipios y la pérdida de la EV. Como producto de lo anterior, se construyeron categorías por tamaño de población de la siguiente manera de acuerdo con la clasificación del Consejo Nacional de Evaluación de la Política Pública de Desarrollo Social:<sup>19</sup>

- < 2500 habitantes.
- De 2500 a 15 000 habitantes.
- De 15 000 a 100 000 habitantes.
- > 100 000 habitantes.

Asimismo, se realizó una distribución de la diferencia de la EV entre 2019 y 2020 por municipio, para lo cual se estimaron las medidas de tendencia central y dispersión, así como el cálculo de cuartiles. La diferencia en la EV entre 2019 y 2020 fue clasificada en cuatro grupos de acuerdo con los cuartiles de su distribución:

- < 1.62 años.
- De 1.625 a 4.771 años.

- De 4.772 a 7.82 años.
- > 7.82 años.

Para evaluar la relación entre las categorías de la pérdida de la EV y las del tamaño de la población, se realizó un análisis de riesgos tomando como referencia las categorías de mayor población y de mayor pérdida de la EV. Con el fin de evaluar el efecto de otras variables que toman como unidad de análisis al municipio, se agregaron años de escolaridad, población económicamente activa (PEA) y población mayor de tres años que habla una lengua indígena. Estas variables fueron obtenidas de los resultados por localidad del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI 2020),<sup>16</sup> y se distribuyeron en cuartiles.

Para el análisis multivariante se planteó el modelo logístico multinomial propuesto por Borooah,<sup>20</sup> en el cual la variable dependiente tiene más de dos alternativas de respuesta. En el presente estudio, la variable dependiente incluyó cuatro categorías de respuesta correspondientes a los cuartiles de la distribución de la EV; las variables independientes incluyeron categorías que corresponden a los cuartiles de la distribución del tamaño de la población de los municipios, de la población económicamente activa, de los años de escolaridad y de la población de habla indígena de tres o más años.

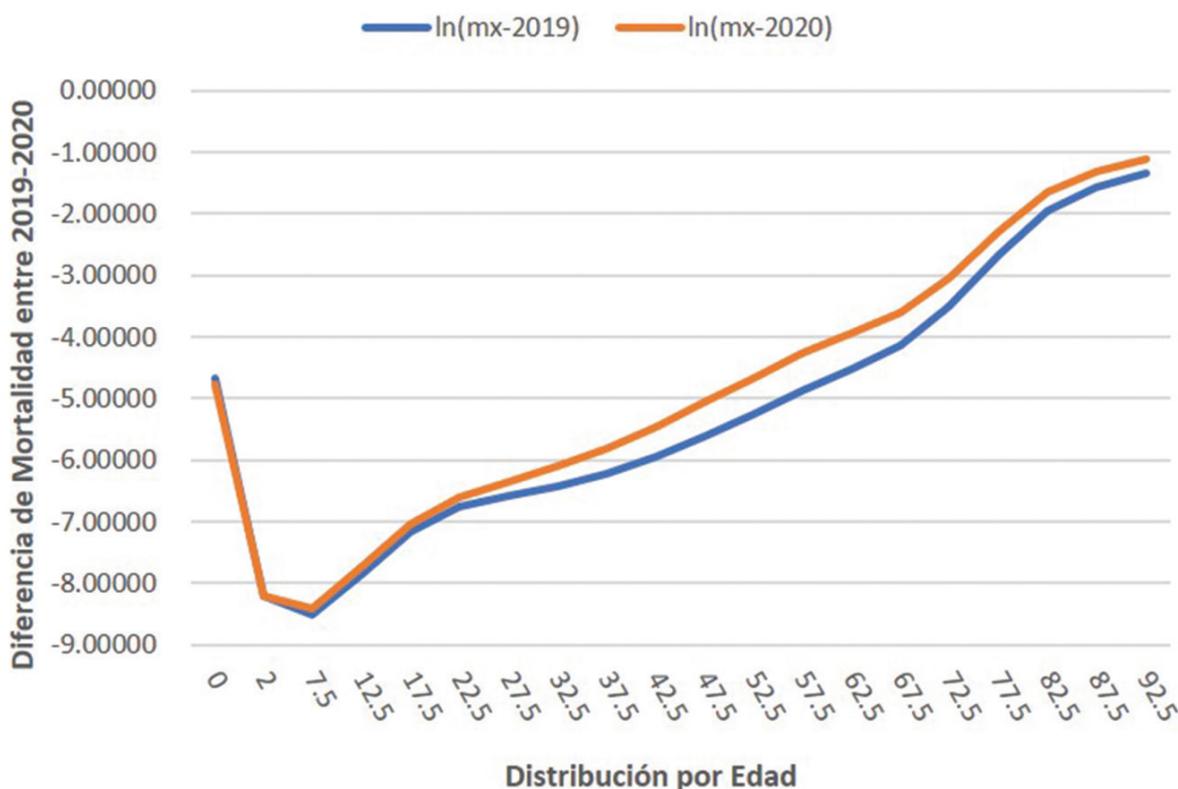
Para la estimación de parámetros en el modelo logístico multinomial se utilizó la función canónica de enlace de la distribución multinomial a la familia exponencial en su transformación logit:

$$Y_i = \log [P_{ij} / P_{ig}]$$

Donde  $P_{ij}$  es la probabilidad de que un individuo  $i$  pertenezca a la categoría  $j$  y  $P_{ig}$  es la probabilidad del mismo individuo en la categoría  $g$ , definida como la categoría de referencia de la variable de distribución multinomial. Donde  $\chi_1 = 0$  no pertenece a la categoría y 1 pertenece a la categoría  $i = 1, 2, 3$  y 4. Si las categorías para las variables son  $\chi_1 =$ población 1,  $\chi_2 =$ población 2,  $\chi_3 =$ población 3,  $\chi_4 =$ población 4,  $\chi_5 =$ PEA 1,  $\chi_6 =$ PEA 2,  $\chi_7 =$ PEA 3,  $\chi_8 =$ PEA 4,  $\chi_9 =$ escolaridad 1,  $\chi_{10} =$ escolaridad 2,  $\chi_{11} =$ escolaridad 3,  $\chi_{12} =$ escolaridad 4,  $\chi_{13} =$ indígena 1,  $\chi_{14} =$ indígena 2,  $\chi_{15} =$ indígena 3 y  $\chi_{16} =$ indígena 4, entonces la especificación del modelo para la EV  $> 7.82$  como categoría de referencia ( $g = 4$ ) es la siguiente:

$$\ln (P_j / P_4) = \beta_{0j} + \beta_{1j}\chi_1 + \beta_{2j}\chi_2 + \beta_{3j}\chi_3 + \beta_{4j}\chi_4 + \beta_{5j}\chi_5 + \beta_{6j}\chi_6 + \beta_{7j}\chi_7 + \beta_{8j}\chi_8 + \beta_{9j}\chi_9 + \beta_{10j}\chi_{10} + \beta_{11j}\chi_{11} + \beta_{12j}\chi_{12} + \beta_{13j}\chi_{13} + \beta_{14j}\chi_{14} + \beta_{15j}\chi_{15} + \beta_{16j}\chi_{16}$$

El análisis fue realizado con los programas SPSS versión 24 y Excel versión 2016.



**Figura 1.** Probabilidad de morir de la población mexicana según edad en 2019 y 2020. La tasa central de mortalidad se calculó como el cociente de  $n d_x / n L_x$ , que representan las defunciones y la población con vida a mitad del periodo comprendido entre  $x$  y  $x + n$ :  $m_x$  = tasa central de mortalidad  $m_x = \frac{n d_x}{n L_x}$ . Fuente: el cálculo se realizó con el logaritmo natural de la tasa central de mortalidad obtenida de la Secretaría de Salud<sup>15</sup> y la distribución de la población por edad se obtuvo del INEGI.<sup>16</sup>

## Resultados

La distribución de la mortalidad mostró una brecha que se incrementa de forma notoria en las edades que van de entre 37.5 y 67.5 años, es decir, se presentó una magnitud de entre 0.32 y 0.55 de la diferencia del logaritmo natural de la probabilidad de morir al comparar 2019 con 2020 (Figura 1). Las Tablas 1 y 2 muestran los resultados del cálculo de la EV, la primera de 2019 y la segunda de 2020. La distribución de la “pérdida de la EV” y del tamaño de la población de los municipios presentó las siguientes medidas de tendencia central y dispersión en esos dos años: media de 4.6 años y 51 071 habitantes, mediana de 4.78 años y 13 561 habitantes; desviación estándar de 4.02 años y 147 045 habitantes; valores mínimos de -2.8 años y 81 habitantes; y valores máximos de 12.6 años y 1 922 523 habitantes. La distribución de ambas variables no fue normal

de acuerdo con la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0.001$ ).

En términos nacionales, en 2019 la EV fue en promedio de 74.8 años y en 2020 descendió a 70.1, por lo que existió una diferencia promedio de 4.7 años. Esta diferencia se distribuyó heterogéneamente entre los municipios de México, de tal forma se encontraron municipios que tuvieron ganancias en la EV hasta de 2.8 años. Sin embargo, la distribución por cuartiles de la pérdida de la EV mostró que el punto de corte para el primer cuartil fue 2.6 años, para el segundo cuartil fue 4.7 años y para el tercero, 7.8 años; 64 municipios presentaron pérdidas mayores de 12 años. La heterogeneidad de la distribución de la pérdida de la EV en los municipios se muestra en la Figura 2.

La relación entre la pérdida de la EV y el tamaño de la población de los municipios mostró una correlación de Spearman de 0.32 ( $p < 0.001$ ), distribución que se presenta en la Figura 3. Alternativamente, el

**Tabla 1.** Distribución de los resultados de las funciones de la tabla de vida asumiendo la ausencia de COVID-19 en México en 2019

| x     | mx      | q (x)   | I (x) | d (x) | L (x)  | T (x)   | e (x) |
|-------|---------|---------|-------|-------|--------|---------|-------|
| 0     | 0.00938 | 0.00934 | 1000  | 9.3   | 3981.3 | 74716.1 | 74.8  |
| 1-4   | 0.00028 | 0.00110 | 991   | 1.1   | 3960.5 | 70734.8 | 71.4  |
| 5-9   | 0.00020 | 0.00101 | 990   | 1.0   | 4945.3 | 66774.4 | 67.5  |
| 10-14 | 0.00039 | 0.00197 | 989   | 1.9   | 4937.9 | 61829.0 | 62.5  |
| 15-19 | 0.00078 | 0.00387 | 987   | 3.8   | 4923.5 | 56891.1 | 57.7  |
| 20-24 | 0.00116 | 0.00579 | 983   | 5.7   | 4899.7 | 51967.6 | 52.9  |
| 25-29 | 0.00140 | 0.00696 | 977   | 6.8   | 4868.5 | 47067.8 | 48.2  |
| 30-34 | 0.00162 | 0.00804 | 970   | 7.8   | 4832.0 | 42199.3 | 43.5  |
| 35-39 | 0.00197 | 0.00978 | 963   | 9.4   | 4789.0 | 37367.3 | 38.8  |
| 40-44 | 0.00261 | 0.01294 | 953   | 12.3  | 4734.6 | 32578.3 | 34.2  |
| 45-49 | 0.00368 | 0.01822 | 941   | 17.1  | 4660.9 | 27843.7 | 29.6  |
| 50-54 | 0.00520 | 0.02569 | 924   | 23.7  | 4467.6 | 23182.8 | 25.1  |
| 55-59 | 0.00760 | 0.03730 | 900   | 33.6  | 4150.6 | 18715.2 | 20.8  |
| 60-64 | 0.01079 | 0.05254 | 866   | 45.5  | 3964.8 | 14564.6 | 16.8  |
| 65-69 | 0.01583 | 0.07613 | 821   | 62.5  | 3553.0 | 10599.9 | 12.9  |
| 70-74 | 0.02994 | 0.13927 | 758   | 105.6 | 2822.1 | 7046.8  | 9.3   |
| 75-79 | 0.06953 | 0.29616 | 653   | 193.3 | 2224.2 | 4224.7  | 6.5   |
| 80-84 | 0.14132 | 0.52213 | 459   | 239.9 | 1018.4 | 2000.5  | 4.4   |
| 85-89 | 0.20540 | 0.67855 | 220   | 149.0 | 725.3  | 982.1   | 4.5   |
| 90- + | 0.25943 | 0.94420 | 71    | 66.6  | 256.8  | 256.8   | 3.6   |

x: grupos de edad;  $m_x$ : tasa central de mortalidad  $n^m x = \frac{n dx}{n I_x}$ ;  $q_x$ : probabilidad de muerte  $n q_x = \frac{I_x - I_{x+n}}{I_x}$ ;  $I_x$  = número de personas con vida a la edad  $x$ ;  $d_x$ : número de defunciones ocurridas en el grupo de edad  $x$  a  $x+n$   $n d_x = I_x - I_{x+n}$

$n L_x$ : años-persona vividos entre las edades  $x$  y  $x+n$   $n L_x = \int_x^{x+n} l_a da$

$T_x$ : número total de años vividos por las personas entre las edades  $x$  y  $\omega$  ;

$T_x = \sum_{a=x}^{\omega-1} l_a$  y;  $e(x)$ : esperanza de vida a la edad  $x$   $e_x = \frac{T_x}{l_x}$ .

Fuente: El cálculo de la esperanza de vida en 2019 se obtuvo con la información sobre mortalidad de la Secretaría de Salud<sup>15</sup> y la distribución de la población por edad del INEGI.<sup>16</sup>

análisis bivariante entre el tamaño de la población y la pérdida de la EV mostró una tendencia significativa en la probabilidad de representación de las categorías de población de menor a mayor tamaño respecto al grupo de referencia; es decir, a menor tamaño de las poblaciones, mayor probabilidad de figurar en la categoría con menor pérdida de EV (Tabla 3). La probabilidad de representación disminuyó cuando se contrastaron las categorías del tamaño de la

población en la segunda categoría de pérdida de la EV (1.63-4.77 años) respecto a la población de referencia. Finalmente, las diferencias se diluyeron al contrastar las categorías del tamaño de la población con la tercera categoría de pérdida de la EV (4.78-7.82 años) y solo se mantuvo significativa la categoría de menor tamaño de la población con una probabilidad 1.8 veces mayor (IC 95 % = 1.2-2.9) respecto al grupo de referencia.

Las categorías de las variables PEA y años de escolaridad mostraron una tendencia similar a la del tamaño de la población; es decir, a menor magnitud de los valores de las variables, mayor probabilidad de figurar en la categoría de menor pérdida de EV y viceversa.

Las categorías de la población de habla indígena, tomando en cuenta la primera categoría de pérdida de la EV, mostraron que solo la de menor población de habla indígena tuvo una probabilidad positiva de 1.6 (IC 95 % = 1.2-2.2), en tanto que la segunda categoría tuvo un efecto de ausencia de representatividad de 0.6 (IC 95 % = 0.4-0.9); la última categoría no tuvo efecto. Tampoco se identificó efecto al analizar la segunda y la tercera categoría de pérdida de la EV y las categorías de población de habla indígena (Tabla 3).

La Tabla 4 muestra los resultados del análisis de regresión logística multinomial. La relación entre la pérdida de la EV y el tamaño de la población —controlando su efecto con las variables PEA, años de escolaridad y población de habla indígena— mostró probabilidades de 7.8 (IC 95 % = 2.1-23.7), 4.8 (IC 95 % = 1.6-14.5) y 3.7 (IC 95 % = 1.5-9.0) de estar representadas en las categorías de población de  $\leq 1500$ , de 1501 a 15 000 y de 15 001 a 100 000, contrastadas con el grupo de referencia, respectivamente, y tomando en cuenta la primera categoría de pérdida de la EV. En la segunda categoría de pérdida de EV se siguieron observando probabilidades positivas según el tamaño de la población, pero de menor magnitud: 3.0 (IC 95 % = 1.2-7.8), 2.9 (IC 95 % = 1.4-6.2) y 2.9 (IC 95 % = 1.8-4.6) respecto al grupo de referencia. El contraste entre la penúltima y la última categoría de pérdida de años de EV según el tamaño de la población no mostró diferencias significativas.

La relación entre la pérdida de la EV y las variables PEA y años de escolaridad mostró tendencias de mayor a menor magnitud en los riesgos solo en la categoría de menor pérdida de la EV. La primera categoría de PEA mostró un riesgo de 5.1 (2.1-12.2), seguida de 3.0 (1.4-6.6) en la segunda categoría y

**Tabla 2.** Distribución de los resultados de las funciones de la tabla de vida ante la presencia de COVID-19 en México en 2020

| x     | mx      | qx      | lx   | dx    | Lx     | Tx      | ex   |
|-------|---------|---------|------|-------|--------|---------|------|
| 0     | 0.00852 | 0.00849 | 1000 | 8.5   | 3983.0 | 70213.2 | 70.2 |
| 1-4   | 0.00027 | 0.00109 | 992  | 1.1   | 3963.9 | 66230.2 | 66.8 |
| 5-9   | 0.00022 | 0.00111 | 990  | 1.1   | 4949.4 | 62266.3 | 62.9 |
| 10-14 | 0.00044 | 0.00220 | 989  | 2.2   | 4941.2 | 57316.9 | 57.9 |
| 15-19 | 0.00087 | 0.00434 | 987  | 4.3   | 4925.1 | 52375.6 | 53.1 |
| 20-24 | 0.00135 | 0.00674 | 983  | 6.6   | 4897.8 | 47450.5 | 48.3 |
| 25-29 | 0.00176 | 0.00874 | 976  | 8.5   | 4859.9 | 42552.7 | 43.6 |
| 30-34 | 0.00223 | 0.01109 | 968  | 10.7  | 4811.7 | 37692.8 | 39.0 |
| 35-39 | 0.00298 | 0.01480 | 957  | 14.2  | 4749.5 | 32881.1 | 34.4 |
| 40-44 | 0.00429 | 0.02124 | 943  | 20.0  | 4664.0 | 28131.6 | 29.8 |
| 45-49 | 0.00643 | 0.03164 | 923  | 29.2  | 4541.0 | 23467.6 | 25.4 |
| 50-54 | 0.00943 | 0.04606 | 894  | 41.2  | 4190.5 | 18926.6 | 21.2 |
| 55-59 | 0.01392 | 0.06724 | 852  | 57.3  | 3707.0 | 14736.1 | 17.3 |
| 60-64 | 0.01951 | 0.09303 | 795  | 74.0  | 3411.6 | 11029.1 | 13.9 |
| 65-69 | 0.02746 | 0.12849 | 721  | 92.7  | 2834.2 | 7617.5  | 10.6 |
| 70-74 | 0.04803 | 0.21440 | 628  | 134.7 | 2244.5 | 4783.3  | 7.6  |
| 75-79 | 0.10147 | 0.40469 | 494  | 199.8 | 1575.3 | 2538.8  | 5.1  |
| 80-84 | 0.19130 | 0.64706 | 294  | 190.2 | 596.5  | 963.5   | 3.3  |
| 85-89 | 0.26712 | 0.80082 | 104  | 83.1  | 298.6  | 367.0   | 3.5  |
| 90- + | 0.32466 | 1.07524 | 21   | 22.2  | 68.4   | 68.4    | 3.3  |

x: grupos de edad;  $m_x$ : tasa central de mortalidad  $nmx = \frac{n dx}{n Lx}$ ;  $q_x$ : probabilidad de muerte  $n q_x = \frac{l_x - l_{x+n}}{l_x}$ ;  $l_x$ =número de personas con vida a la edad x;  $d_x$ : número de defunciones ocurridas en el grupo de edad  $x$  a  $x+n$ .  $n dx = l_x - l_{x+n}$ ;  $L_x$ : años-persona vividos entre las edades  $x$  y  $x+n$ .  $n Lx = \int_x^{x+n} l_a da$ ;  $T_x$ : número total de años vividos por las personas entre las edades  $x$  y  $\omega$ .  $T_x = \sum_{a=x}^{\omega-1} l_a$  y; e (x): esperanza de vida a la edad x  $e_x = \frac{T_x}{l_x}$ .

Fuente: El cálculo de la esperanza de vida en 2019 se obtuvo con la información sobre mortalidad de la Secretaría de Salud<sup>15</sup> y la distribución de la población por edad del INEGI.<sup>16</sup>

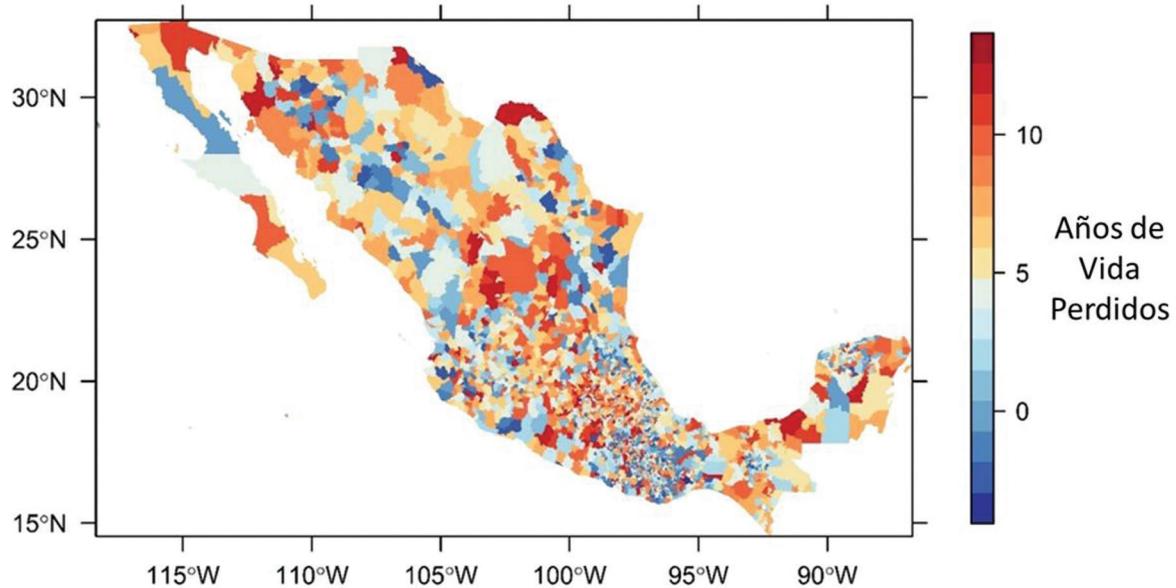
2.2 (1.3-3.6) en la tercera categoría. En el análisis multivariante, la población de habla indígena mostró una subrepresentación significativa en la categoría de menor pérdida de años de EV, con riesgos de 0.6 (04-09) en la primera categoría, 0.4 (0.3-0.6) en la segunda y 0.6 (0.4-0.8) en la tercera.

## Discusión

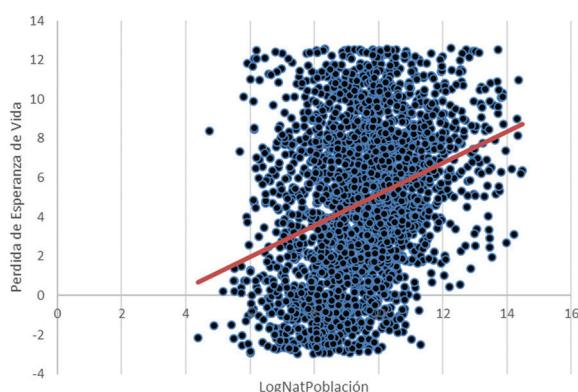
Se ha propuesto que la prevalencia de infección por SARS-CoV-2 en la población está relacionada con un nivel determinado de pérdida de la EV. En Latinoamérica se ha estimado que la prevalencia de 10 % de esa infección traería una caída de la EV de

0.7 a 1.4 años; con 25 %, la caída sería de entre 1.5 y 3.2 años; con 50 %, la caída estimada sería de entre 2.5 y seis años.<sup>21</sup> En un estudio transversal realizado en México entre junio y septiembre de 2020, que incluyó a 482 413 personas de 26 estados del país, se reportó una prevalencia de infección por SARS-CoV-2 de 40.78 %.<sup>22</sup> Por lo tanto, esa cifra es acorde con la estimación que se hace en este estudio de una caída de la EV de 4.7 años.

En el plano internacional, la magnitud de la caída de la EV en México es alta si se compara con la reportada en países europeos y Estados Unidos. Los países que tuvieron las mayores pérdidas fueron Rusia (2.32 años), Estados Unidos (1.98 años),



**Figura 2.** Distribución de la diferencia en la esperanza de vida por municipio en 2019 y 2020 en México. El cálculo se realizó utilizando información sobre mortalidad de la Secretaría de Salud;<sup>15</sup> la distribución de la población se obtuvo del INEGI.<sup>16</sup>



**Figura 3.** Correlación entre la diferencia en la esperanza de vida en 2019 y 2020 y el tamaño de la población por municipio en México en 2020. El cálculo de la diferencia en la esperanza de vida por municipio se realizó con la información sobre mortalidad de la Secretaría de Salud;<sup>15</sup> la distribución de la población por edad y el tamaño de la población por municipio se obtuvo del INEGI.<sup>16</sup>

Bulgaria (1.75 años), Lituania (1.61 años) y Polonia (1.36 años). Incluso existieron países que tuvieron ganancias en la EV, como Nueva Zelanda (0.66 años) y Taiwán (0.35 años). Los países que no tuvieron modificaciones en la EV fueron Corea del Sur, Noruega y Dinamarca.<sup>11</sup>

En Latinoamérica, la pérdida de la EV por exceso de mortalidad en Brasil fue de 2.42 años, en Chile de 1.94, en Ecuador de 7.91, en Guatemala de 2.26, en

México de 5.54 y en Perú de 10.91.<sup>12</sup> Puede apreciarse que México se encuentra entre los países de Latinoamérica, junto con Perú y Ecuador, con los números más altos de pérdida de la EV. El resultado de este trabajo contrasta con el proporcionado por García Guerrero et al.<sup>14</sup> en México, quienes al estratificar por sexo mostraron que la pérdida de la EV en 2020 fue de 2.5 años en las mujeres y de 3.6 años en los hombres, que en promedio constituyen 3.05 años, que contrasta con una pérdida de la EV de 4.7 años en este trabajo. No obstante, el resultado de esta investigación es intermedio entre el reporte de García Guerrero et al.<sup>14</sup> y el de Lima et al.<sup>12</sup> para México.

Los resultados de este estudio mostraron que la distribución de la probabilidad de morir por COVID-19 en México tuvo gran impacto en los individuos con edad entre 32.5 y 67.5 años (Figura 1). Estos resultados son consistentes con los reportados en una investigación realizada con información de 2020 que muestra un ascenso exponencial en México de las tasas de letalidad por COVID-19 a partir del grupo de edad de 35 a 39 años.<sup>23</sup> Se ha mostrado que el grupo de edad más afectado por la mortalidad debida a COVID-19 ha sido el de 45 a 64 años, mientras que el porcentaje de todas las causas de muerte analizadas entre 2015 y 2019 fue de 24.2%; para el bienio 2020-2021, las causas de muerte por COVID-19 alcanzaron 40.2 % en el grupo de edad bajo discusión.<sup>13</sup>

**Tabla 3.** Análisis bivariante de los cuartiles de la diferencia de la esperanza de vida de 2019 y 2020 y las categorías del tamaño de la población, población económicamente activa, años de escolaridad y población de habla indígena

| Variable   | Cuartiles |      |           |      |           |      |        |      |                   |                 |                      |              |
|--|-----------|------|-----------|------|-----------|------|--------|------|-------------------|-----------------|----------------------|--------------|
|  | ≤ 1.62    |      | 1.63-4.77 |      | 4.78-7.82 |      | > 7.82 |      | ≤ 1.62 vs. > 7.82 |                 | 1.63-4.77 vs. > 7.82 |              |
|  | n         | %    | n         | %    | n         | %    | n      | %    | RM (IC 95 %)      | RM (IC 95 %)    | RM (IC 95 %)         | RM (IC 95 %) |
| Población categorías por número de habitantes            |           |      |           |      |           |      |        |      |                   |                 |                      |              |
| ≤ 1500   | 175       | 47.7 | 67        | 18.3 | 72        | 19.6 | 53     | 14.4 | 54.2 (23.8-123)** | 3.6 (2.1-6.0)** | 1.8 (1.2-2.9)*       |              |
| 1501-15 000  | 299       | 32.7 | 240       | 28.2 | 183       | 20.0 | 193    | 21.1 | 25.4 (11.6-55)**  | 3.6 (2.4-5.4)** | 1.3 (0.9-1.8)        |              |
| 15 001-100 000   | 136       | 14.5 | 270       | 28.8 | 279       | 29.9 | 253    | 27.0 | 8.8 (4.0-19.4)**  | 3.0 (2.0-4.2)** | 1.5 (1.1-2.1)*       |              |
| > 100 000  | 7         | 2.9  | 40        | 16.3 | 83        | 33.9 | 115    | 46.9 | 1                 | 1               | 1                    |              |
| Población económica activa                               |           |      |           |      |           |      |        |      |                   |                 |                      |              |
| 0-1657   | 280       | 45.4 | 120       | 19.4 | 123       | 19.9 | 94     | 15.2 | 18.4 (12.3-29)**  | 1.8 (1.3-2.5)** | 1.4 (1.0-1.9)*       |              |
| 1658-5798  | 186       | 30.2 | 174       | 28.2 | 120       | 19.5 | 136    | 22.1 | 8.7 (5.7-13.2)**  | 1.8 (1.4-2.5)** | 0.9 (0.7-1.3)        |              |
| 5799-15 980  | 115       | 18.6 | 170       | 27.6 | 170       | 27.6 | 162    | 26.3 | 4.5 (2.9-6.9)**   | 1.5 (1.1-2.0)*  | 1.1 (0.8-1.4)        |              |
| > 15 980   | 36        | 5.8  | 154       | 25.0 | 205       | 33.2 | 222    | 36.0 | 1                 | 1               | 1                    |              |
| Escolaridad en años                                      |           |      |           |      |           |      |        |      |                   |                 |                      |              |
| < 6.8 años   | 249       | 40.4 | 139       | 22.6 | 118       | 19.2 | 110    | 17.9 | 10.4 (7.1-15.3)** | 2.0 (1.4-2.8)** | 1.2 (0.8-1.6)        |              |
| 6.81-7.71  | 195       | 31.6 | 161       | 26.2 | 127       | 20.6 | 134    | 21.7 | 6.7 (4.6-9.8)**   | 1.9 (1.4-2.6)** | 1.0 (0.8-1.4)        |              |
| 7.72-8.74  | 124       | 20.1 | 178       | 28.8 | 172       | 27.9 | 143    | 23.2 | 4.0 (2.7-5.9)**   | 2.0 (1.4-2.8)** | 1.4 (1.0-1.8)*       |              |
| > 8.74   | 49        | 7.9  | 140       | 22.7 | 201       | 32.6 | 227    | 36.8 | 1                 | 1               | 1                    |              |
| Habla indígena<br>≥ 3 años que habla una lengua indígena |           |      |           |      |           |      |        |      |                   |                 |                      |              |
| 0-37   | 197       | 31.7 | 156       | 25.1 | 145       | 23.3 | 124    | 19.9 | 1.6 (1.2-2.2)*    | 1.2 (0.8-1.6)   | 1.3 (0.9-1.8)        |              |
| 38-318   | 107       | 17.5 | 153       | 25.0 | 187       | 30.6 | 165    | 27.0 | 0.6 (0.4-0.9)*    | 0.9 (0.6-1.2)   | 1.3 (0.9-1.7)        |              |
| 319-2450   | 159       | 25.8 | 145       | 23.5 | 148       | 24.0 | 165    | 26.7 | 1.0 (0.7-1.3)     | 0.8 (0.6-1.2)   | 1.0 (0.7-1.4)        |              |
| > 2450   | 154       | 25.0 | 164       | 26.6 | 138       | 22.4 | 160    | 26.0 | 1                 | 1               | 1                    |              |

En relación con la primera variable de esta tabla, se tomó como referencia la última categoría de población (> 100 000 habitantes) y la última categoría de mayor pérdida de la EV (> 7.82) para realizar su contraste con la primera categoría de menor población (≤ 1500 habitantes) y de menor pérdida de EV (≤ 1.62 años). El cálculo de la razón de momios (RM) se realizó de la siguiente forma:  $175 \times 115/7 \times 53 = 54.2$ , lo que significa que la probabilidad de encontrar poblaciones menores de 1500 habitantes en la categoría de menor pérdida de la EV fue 54.2 veces mayor respecto a las categorías de referencia. Es decir, a menor población, menor pérdida de la EV. Ese procedimiento se siguió con la segunda y tercera categorías de población y en las correspondientes categorías de la EV. Ese método se aplicó al resto de las variables. \*p < 0.05. \*\*< 0.001.

Fuente: El cálculo de la diferencia en la esperanza de vida entre 2019 y 2020 por municipio se realizó utilizando información sobre mortalidad de la Secretaría de Salud de México;<sup>15</sup> la información sobre la distribución de la población por edad y las variables independientes se obtuvo del INEGI.<sup>16</sup>

La distribución del impacto de COVID-19 en la EV a nivel municipal en México fue heterogénea, no obstante, se ha planteado que el efecto de COVID-19 en la mortalidad no es aleatoria, sino relacionada con diferentes circunstancias sociales, demográficas y geográficas. Un análisis socioespacial de los determinantes de la difusión de COVID-19 en la población reportó que el tamaño de la población, así como la movilidad en los contextos de globalización estuvieron relacionados con la trasmisión del virus, considerando que estos procesos pueden replicarse a escalas más pequeñas dentro de los países o las regiones.<sup>24</sup>

Desde una perspectiva de economía urbana y teoría de la planificación,<sup>25</sup> se ha discutido que el crecimiento de las ciudades trae consigo una serie de beneficios como empleo, mayor diversidad, mayor economía, más expresiones culturales, etcétera; pero el reverso de la moneda se expresa en la presencia de mayor

hacinamiento, delitos, polución del aire y enfermedades. Es decir, hay un umbral costo/beneficio en el crecimiento de los centros urbanos. Un estudio mostró que la mayoría de los indicadores analizados como las tasas de innovación, creación de riqueza, patrones de consumo, comportamiento humano como la velocidad al caminar y propiedades de la infraestructura urbana presentaron correlaciones significativas con el tamaño de la población.<sup>26</sup> Las implicaciones de este enfoque para el estudio de las pandemias estriban en que muestran que a mayor densidad de población, mayor número de interacciones sociales y, por lo tanto, mayor dinámica para la transmisión de un agente infeccioso, particularmente de SARS-CoV-2.<sup>27</sup>

La discusión anterior concuerda con los resultados de este trabajo que mostró una correlación de Spearman positiva y significativa de 0.32 entre la distribución del impacto de COVID-19 en la EV y el tamaño de la población de los municipios. Este

**Tabla 4.** Modelo logístico multinomial entre los cuartiles de la diferencia de la esperanza de vida para 2019 y 2020 y las categorías del tamaño de población, población económicamente activa, años de escolaridad y población de habla indígena

| Característica  | ≤ 1.62 vs. > 7.82 | 1.63-4.77 vs. > 7.82 | 4.78-7.82 vs. > 7.82 |
|---|-------------------|----------------------|----------------------|
|   | Exp β (IC 95 %)   | Exp β (IC 95 %)      | Exp β (IC 95 %)      |
| Población (categorías por número de habitantes)         |                   |                      |                      |
| ≤ 1500  | 7.1 (2.1-23.7)**  | 3.0 (1.2-7.8)*       | 1.1 (0.4-2.8)        |
| 1501-15 000   | 4.8 (1.6-14.5)*   | 2.9 (1.4-6.2)*       | 1.0 (0.5-2.2)        |
| 15 001-100 000  | 3.7 (1.5-9.0)*    | 2.9 (1.8-4.6)**      | 1.4 (0.9-2.2)        |
| > 100 000   | 1                 | 1                    | 1                    |
| Población económicamente activa                         |                   |                      |                      |
| 0-1657  | 5.1 (2.1-12.2)**  | 1.1 (0.5-2.5)        | 1.4 (0.6-3.3)        |
| 1658-5798   | 3.0 (1.4-6.6)*    | 1.1 (1.5-2.2)        | 0.9 (0.4-2.0)        |
| 5799-15 980   | 2.2 (1.3-3.6)*    | 0.9 (0.6-1.3)        | 0.9 (0.6-1.3)        |
| > 15 980  | 1                 | 1                    | 1                    |
| Escolaridad en años                                     |                   |                      |                      |
| < 6.8 años  | 2.8 (1.8-4.4)**   | 1.2 (0.8-1.9)        | 1.0 (0.8-1.6)        |
| 6.81-7.71   | 2.4 (1.6-3.8)**   | 1.3 (0.9-1.9)        | 0.9 (0.6-1.3)        |
| 7.72-8.74   | 2.0 (1.3-3.1)**   | 1.5 (1.1-2.1)*       | 1.2 (0.8-1.6)        |
| > 8.74  | 1                 | 1                    | 1                    |
| Habla indígena (≥ 3 años que habla una lengua indígena) |                   |                      |                      |
| 0-37  | 0.6 (0.4-0.9) *   | 0.7 (0.5-1.2)        | 1.2 (0.8-1.8)        |
| 38-318  | 0.4 (0.3-0.6)**   | 0.6 (0.4-0.9)*       | 1.2 (0.8-1.6)        |
| 319-2450  | 0.6 (0.4-0.8)*    | 0.7 (0.5-1.0)        | 0.9 (0.6-1.3)        |
| > 2450  | 1                 | 1                    | 1                    |

Si las categorías para las variables en esta tabla son  $\chi_1$  = población 1,  $\chi_2$  = población 2,  $\chi_3$  = población 3,  $\chi_4$  = población 4,  $\chi_5$  = PEA 1,  $\chi_6$  = PEA 2,  $\chi_7$  = PEA 3,  $\chi_8$  = PEA 4,  $\chi_9$  = escolaridad 1,  $\chi_{10}$  = escolaridad 2,  $\chi_{11}$  = escolaridad 3,  $\chi_{12}$  = escolaridad 4,  $\chi_{13}$  = indígena 1,  $\chi_{14}$  = indígena 2,  $\chi_{15}$  = indígena 3,  $\chi_{16}$  = indígena 4, la especificación del modelo para EV con la categoría > 7.82 como referencia ( $g = 4$ ) es la siguiente:  $\ln(P_j/P_4) = \beta_0 + \beta_{1j\chi_1} + \beta_{2j\chi_2} + \beta_{3j\chi_3} + \beta_{4j\chi_4} + \beta_{5j\chi_5} + \beta_{6j\chi_6} + \beta_{7j\chi_7} + \beta_{8j\chi_8} + \beta_{9j\chi_9} + \beta_{10j\chi_{10}} + \beta_{11j\chi_{11}} + \beta_{12j\chi_{12}} + \beta_{13j\chi_{13}} + \beta_{14j\chi_{14}} + \beta_{15j\chi_{15}} + \beta_{16j\chi_{16}}$ .

\* $p < 0.05$ ; \*\* $< 0.001$ .

Fuente: El cálculo de la diferencia en la esperanza de vida entre 2019 y 2020 por municipio en México se realizó con la información sobre mortalidad de la Secretaría de Salud;<sup>15</sup> la información sobre la distribución de la población por edad y las variables independientes se obtuvo del INEGI.<sup>16</sup>

resultado es consistente con lo encontrado en el análisis multivariante. Al evaluar el efecto del tamaño de la población en la pérdida de la EV, controlando mediante las variables años de escolaridad, PEA y población de habla indígena, se encontró un efecto independiente: una tendencia directa en la probabilidad de representación de la población, es decir, a menor tamaño de las poblaciones de los municipios, menor pérdida de años de EV y viceversa.

Aunque no se han efectuado análisis que evalúen el impacto del tamaño de la población de los municipios sobre la EV en México, los resultados de este trabajo fueron consistentes con los de un estudio realizado en este país que analizó una variable proxy de la de EV, como la mortalidad por COVID-19 y su distribución según población urbana ( $\geq 100 000$  habitantes), semiurbana (entre 20 000 y 99 999 habitantes) y no urbana ( $< 20 000$  habitantes), con una tasa de mortalidad por 100 000 habitantes de 58.2, 27.9 y 19.1, respectivamente.<sup>28</sup> También se ha mostrado que un tamaño poblacional  $< 49 999$  habitantes es un efecto protector contra la morbilidad y mortalidad por COVID-19, aunque constituye un riesgo mayor de

letalidad por esa enfermedad.<sup>29</sup> El tamaño de la población y la mayor dinámica de movimiento hace más susceptibles de contagio y transmisión del virus a los centros urbanos. Ello ha quedado mostrado en Latinoamérica, donde se ha reportado una alta concentración de casos de contagio y muerte en las grandes ciudades.<sup>30</sup>

Debe recapacitarse también en los indicadores socioeconómicos como los años de escolaridad, la PEA y la población de habla indígena. Respecto a los años de escolaridad y la PEA, el presente trabajo mostró que las puntuaciones más bajas de esas variables estuvieron relacionadas con una menor pérdida de la EV. Aunque no se han realizado estudios de indicadores socioeconómicos y el impacto de COVID-19 en la EV, existen análisis sobre indicadores de marginación y rezago social y tasas de morbilidad, mortalidad y letalidad. Se ha observado que los municipios con mayor marginación y rezago social presentan menor número de contagios y defunciones por COVID-19 respecto de municipios con menor marginación y rezago.<sup>31</sup> Asimismo, se reportó que a mayor índice de rezago, menor tasa de incidencia de

COVID-19, pero mayor letalidad.<sup>32</sup> Por el contrario, los municipios con mayor índice de desarrollo humano tuvieron mayor riesgo de morbilidad y mortalidad por COVID-19, pero mostraron un efecto protector contra letalidad respecto a los municipios con menor índice de desarrollo humano.<sup>29</sup>

En cuanto a la población de habla indígena, los resultados de este estudio mostraron una sub-representación significativa de ella en las categorías de menor pérdida de la EV, en tanto que en las categorías de mayor pérdida de la EV no mostró un efecto significativo. Las investigaciones que se han realizado sobre mortalidad y letalidad por COVID-19 han mostrado consistentemente un mayor impacto en la población de habla indígena respecto a la población no indígena;<sup>33-35</sup> en el caso de la pérdida de la EV; en este estudio no se encontró esa tendencia.

## Conclusiones

México fue uno de los países más afectados por la pandemia de COVID-19 en términos de morbilidad y el exceso de mortalidad, lo cual se ha expresado en una caída importante de la EV y colocó al país entre los más afectados en ese indicador en el continente americano durante 2020. La distribución del impacto de COVID-19 en la EV en los municipios de México fue heterogénea, pero una forma de dar sentido a esa distribución fue mediante el análisis del impacto de COVID-19 en la EV y su relación con el tamaño de la población de los municipios e indicadores socioeconómicos como años de escolaridad y PEA. Los resultados mostraron que a menor puntuación en las magnitudes de los indicadores sociodemográficos, menor pérdida de la EV y viceversa.

## Agradecimientos

Los autores reconocen a Juan Felipe Mayo Carrillo por la elaboración del mapa y el trabajo editorial.

## Financiamiento

Los autores no recibieron patrocinio para realizar este estudio.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses respecto al tema de investigación, ni entre investigadores.

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no realizaron experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Uso de inteligencia artificial para la generación de texto.** Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito, ni para la creación de imágenes, gráficos, tablas o sus correspondientes pies de foto.

## Bibliografía

- World Health Organization [Internet]. Ginebra, Suiza: Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation report – 40; 2020. [Consultado: 2022 Nov 15]. Disponible en: [https://www.who.int/docs/default-source/coronavirus/situation-reports/20200229-sitrep-40-covid-19.pdf?sfvrsn=849d0665\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronavirus/situation-reports/20200229-sitrep-40-covid-19.pdf?sfvrsn=849d0665_2)
- Worldometer [Internet]. Mexico. Coronavirus cases. 18 de marzo de 2022. [Consultado 202 Nov 12]. Disponible en: <https://www.worldometers.info/coronavirus/country/mexico>
- Secretaría de Salud. [Internet]. Datos abiertos. Bases históricas. Abril-diciembre de 2020. Dirección General de Epidemiología; 2022. [Consulta: 2022 Oct 13]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127>
- Dever GE. Managerial epidemiology. Practice, methods, and concepts. London: Jones and Bartlett Publisher Internacional; 2006, pp. 167-95.
- Organización Panamericana de la Salud [Internet]. Washington, DC, Estados Unidos: Glosario de indicadores básicos de la OPS; 2015. [Consultado 2022 Oct 23]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/documentos/glosario-indicadores-basicos-ops>
- Wirayuda AAB, Chan MF. A Systematic review of sociodemographic, macroeconomic, and health resources factors on life expectancy. Asia Pac J Public Health. 2021;33(4):335-56. DOI: 10.1177/1010539520983671
- Dávila-Cervantes CA, Pardo-Montaña AM. Cambios en la esperanza de vida por causas de muertes crónicas en adultos mayores. México 2000-2013. Rev Cienc Salud. 2017;15(2):223-35. [Consultado 2023 Ene 11]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-72732017000200223](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-72732017000200223)
- González-Pérez GU, Vega-López MG, Cabrera-Pivaral CE. Impacto de la violencia homicida en la esperanza de vida masculina de México. Rev Panam Salud Pública. 2012;32(5):335-42. DOI: 10.1590/s1020-49892012001100003
- Wang W, Liu Y, Ye P, Xu C, Qiu Y, Yin P, et al. Spatial variations and social determinants of life expectancy in China, 2005-2020: a population-based spatial panel modelling study. Lancet Reg Health West Pac. 2022;23:100451. DOI: 10.1016/j.lanwpc.2022.100451
- Ladoy A, Vallarta-Robledo JR, De Ridder D, Sandoval JL, Stringhini S, Da Costa H, et al. Geographic footprints of life expectancy inequalities in the state of Geneva, Switzerland. Sci Rep. 2021;11(1):23326.
- Islam N, Jdanov DA, Shkolnikov VM, Khunti K, Kawachi I, White M, et al. Effects of COVID-19 pandemic on life expectancy and premature mortality in 2020: time series analysis in 37 countries. BMJ. 2021;375:e066768. DOI: 10.1136/bmj-2021-066768
- Lima E, Vilela EA, Peralta A, Rocha M, Queiroz BL, Gonzaga MR, et al. Investigating regional excess mortality during 2020 COVID-19 pandemic in selected Latin American countries. Genus. 2021;77(1):30. DOI: 10.1186/s41118-021-00139-1
- Palacio-Mejía LS, Hernández-Ávila JE, Hernández-Ávila M, Dyer-Leal D, Barranco A, Quezada-Sánchez AD, et al. Leading causes of excess mortality in Mexico during the COVID-19 pandemic 2020-2021: a death certificates study in a middle-income country. Lancet Reg Health Am. 2022;13:100303. DOI: 10.1016/j.lana.2022.100303
- García-Guerrero VM, Beltrán-Sánchez H. Heterogeneity in excess mortality and its impact on loss of life expectancy due to COVID-19: evidence from Mexico. Can Stud Popul. 2021;48(2-3):165-200. DOI: 10.1007/s42650-021-00051-1

15. Secretaría de Salud. [Internet]. Datos abiertos; 2020. [Consultado: 2022 Jul 24]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127>
16. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Internet]. Censo de población y vivienda 2020. Datos abiertos. Principales resultados por localidad (ITER); 2021. [Consultado: 2022 Oct 16]. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos)
17. Arias E. United States life tables, 2001. Natl Vital Stat Rep. 2004;52(14):1-38.
18. Pagano M, Gauvreau K. Principles of biostatistics. Belmont, California, Estados Unidos: Duxbury Press; 1993.
19. Consejo Nacional de Evaluación de la Política Pública de Desarrollo Social [Internet]. México: La pobreza en la población indígena de México, 2008-2018. [Consultado: 2022 Jul 14]. Disponible en: [https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza\\_Poblacion\\_indigena\\_2008-2018.pdf](https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza_Poblacion_indigena_2008-2018.pdf)
20. Borooah VK. Logit and Probit. Ordered and multinomial models. Sage University Papers Series on Quantitative Applications in the Social Science 07-138. Thousand Oaks, California, Estados Unidos: Sage University; 2001.
21. Marois G, Muttarak R, Scherbov S. Assessing the potential impact of COVID-19 on life expectancy. PLoS One. 2020;15(9):e0238678. DOI: 10.1371/journal.pone.0238678
22. Fernández-Rojas MA, Luna-Ruiz Esparza MA, Campos-Romero A, Calva-Espinoza DY, Moreno-Camacho JL, Langley-Martínez AP, et al. Epidemiology of COVID-19 in Mexico: symptomatic profiles and presymptomatic people. Int J Infect Dis. 2021;104:572-9. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.12.086
23. Montes de Oca V, Ramírez-García T. El impacto del COVID-19 en el envejecimiento en México. Un análisis a partir de la protección social y la situación socioeconómica de las personas mayores. En: Efectos sociodemográficos y socioeconómicos en el desarrollo de la población frente a la COVID-19: desafíos y oportunidades en el marco del Consenso de Montevideo. [Internet]. México: UNFPA; 2021. pp. 62-90. Disponible en: [https://mexico.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/efectos\\_sociodemograficos\\_y\\_socioeconomicos\\_en\\_el\\_desarrollo\\_de\\_la\\_poblacion\\_frente\\_a\\_la\\_covid-19.pdf](https://mexico.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/efectos_sociodemograficos_y_socioeconomicos_en_el_desarrollo_de_la_poblacion_frente_a_la_covid-19.pdf)
24. Sigler T, Mahmuda S, Kimpton A, Loginova J, Wohland P, Charles-Edwards E, et al. The socio-spatial determinants of COVID-19 diffusion: the impact of globalisation, settlement characteristics and population. Global Health. 2021;17(1):56. DOI: 10.1186/s12992-021-00707-2
25. Sarkar C, Webster C. Healthy cities of tomorrow: the case for large scale built environment-health studies. J Urban Health. 2017;94(1):4-19. DOI: 10.1007/s11524-016-0122-1
26. Bettencourt LM, Lobo J, Helbing D, Kühnert C, West GB. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. Proc Natl Acad Sci U S A. 2007;104(17):7301-6. DOI: 10.1073/pnas.0610172104
27. Bilal U. Las dinámicas de contagio en las ciudades. Panorama Social. 2020;(32):77-94.
28. Hernández-Bringas H. COVID-19 en México: un perfil sociodemográfico. Notas de Población. 2020(111):105-32.
29. Chávez-Almazán LA, Díaz-González L, Rosales-Rivera M. Determinantes socioeconómicos de salud y COVID-19 en México. Gac Med Mex. 2022;158(1):3-10. DOI: 10.24875/GMM.21000302
30. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) [Internet]. Santiago de Chile: Los impactos sociodemográficos de la pandemia de COVID-19 en América Latina y el Caribe. Naciones Unidas (LC-CRPD.4/3); 2022. p. 36. [Consultado 2023 Ago 19].
31. Valverde GR, Valverde BR. Impacto del COVID-19 por marginación y rezago social en el estado de Puebla, México. Regiones y Desarrollo Sustentable [Internet]. 2022; 22(43):1-31. [Consultado: 2023 Ago 21]. Disponible en: <http://coltlax.edu.mx/openj/index.php/ReyDS/article/view/243>
32. Mendoza-González MF. Rezago social y letalidad en México en el contexto de la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID-19): una aproximación desde la perspectiva de la salud colectiva en los ámbitos nacional, estatal y municipal. Notas de Población. 2020(111):133-53. [Consultado el 24 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46558>
33. Bancet CM, Sosa-Sánchez IA. Morir en tiempos de COVID-19 en México. Efectos de la pandemia en las poblaciones indígenas. Sociologica Mexico. 2022;37(106):263-82. [Consultado 202 Ago 22]. Disponible en: <http://sociologicamexico.acz.uam.mx/index.php/Sociologica/article/view/1681>
34. Muñiz-Montero I, Sánchez-García A, Muñiz-Motero C, Neri-Suárez M. Impacto del COVID-19 en el nororiente del estado de Puebla, México: movilidad, letalidad, marginación, pobreza y afectación al turismo. FORHUM Int J Soc Sci. 2022;4(6):e22465. DOI: 10.35766/j.forhum.22465
35. Lozano-Asencio F, Ramírez-García T. Desigualdad en la mortalidad por COVID-19 en la población hablante de lengua indígena de México. En: Lozano-Asencio F, Valdivia-López M, Mendoza-Gonzales MA, editores. Pandemia y desigualdades sociales y económicas en México. México: UNAM; 2023. p. 337-72.