

Niveles de Confianza del Exceso de Mortalidad en los Estados Mexicanos en 2020

Confidence Levels of Excess Mortality in Mexican States in 2020

NOÉ AARÓN FUENTES FLORES*

GABRIEL GONZÁLEZ KÖNIG**

ALEJANDRO BRUGUÉS RODRÍGUEZ***

ALEJANDRA RAMÍREZ CERVANTES****

Abstract

The official estimate of all-cause excess mortality (EM) during this SARS-CoV-2 crisis (COVID-19) represents a major effort in quantifying direct and indirect deaths caused by the virus. However, the fact that state EM estimates are not statistically valid makes them useless (or unreliable) for public policy purposes. To provide statistical validity for state EM we employed the lognormal distribution and tested the null hypothesis that state EM is similar to the value that would occur in the absence of a pandemic. The null hypothesis of the lognormal model was rejected.

Keywords: COVID-19, Excess Mortality, Hypothesis Tests and Federal Entities

Resumen

La estimación oficial del exceso de mortalidad (EM) por todas las causas en esta crisis del SARS-CoV-2 (COVID-19) representa un gran esfuerzo en la cuantificación de las defunciones directas e indirectas causadas por el virus. Sin embargo, el hecho de que las estimaciones del EM estatales no sean estadísticamente válidas hace que sean directamente inútiles (o no confiables) para propósitos de política pública. Para aportar validez estadística al EM estatal empleamos la distribución lognormal y probamos la hipótesis nula que EM estatal es similar al valor que normalmente podría ocurrir sin pandemia. Se rechaza la hipótesis nula del modelo lognormal.

Palabras clave: COVID-19, Exceso de Mortalidad, Pruebas de Hipótesis y Entidades Federativas

* El Colegio de la Frontera Norte (El COLEF), correo-e: afuentes@colef.mx

** Consultor independiente, correo-e: ggkonig@gmail.com

*** El Colegio de la Frontera Norte en Ciudad Juárez, Chihuahua, correo-e: abrugues@colef.mx

**** Alumna, Universidad Autónoma de Baja California, correo-e: aramirez17@uabc.edu.mx

Introducción

El *exceso de mortalidad EM* es un término utilizado en la epidemiología y salud pública para referirse al volumen de defunciones que se producen por encima de la normal previsto para un país cualquiera y en un periodo de tiempo específico sobre la base de los promedios pasados.

Contrastar a un país sobre la base de sus promedios históricos implica que factores como la demografía de la población, el número de enfermedades, los niveles de pobreza, el estado de la desigualdad económica y la eficacia de los sistemas de salud son menos susceptibles de sesgar los datos. La medición del *EM* tiende a suavizar cualquier diferencia en la forma de contar las muertes. En particular, nos permite evaluar el impacto de SARS-CoV-2 (COVID-19) en la mortalidad, incluidas no sólo las muertes directas sino también las indirectas atribuibles al virus.

El grupo interinstitucional mexicano creado para estimar el *EM* por todas las causas en esta emergencia del COVID-19¹ reportó en el mes de agosto del año 2020 que:

(...) de la semana epidemiológica 12 (15 al 21 de marzo) a la 35 (23 al 29 de agosto) a nivel nacional que el *EM* fue de 58.4%; el total de *EM* fueron de 159,127 personas; y, las muertes registradas con infección COVID-19 fueron de 62,024 personas (Grupo interinstitucional para la estimación del exceso de mortalidad por todas las causas, 2020: 7).

El grupo señala también la utilidad de medir el *EM*:

(...) la vigilancia del *EM* puede proporcionar información útil para valorar la gravedad de la pandemia en todos sus niveles administrativos, estimar y evaluar la carga de mortalidad por COVID-19 mediante la combinación de todos las fuentes de datos disponibles, (...) y detectar modificaciones en la tendencia de mortalidad por zonas geográficas (Grupo interinstitucional para la estimación del exceso de mortalidad por todas las causas, 2020: 1-2).

Además en el mismo documento interinstitucional se reportan estimaciones puntuales del *EM* para las entidades federativas mexicanas.²

¹ En mayo del presente año se creó el grupo interinstitucional de trabajo entre la Secretaría de Salud (SS) mediante la Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud (SPPS), el Centro Nacional de Programas de Prevención y Control de Enfermedades (CENAPRECE), la Dirección General de Información en Salud (DGE), la Dirección General de Proposición de la Salud (DGPS) con el Registro Nacional de Población e Identidad (RENAPO), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), El Consejo Nacional de Población (CONAPO), el Instituto Nacional de Seguridad Pública (INSP), y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (Grupo interinstitucional para la estimación del exceso de mortalidad por todas las causas, 2020).

² Debemos advertir que existen retrasos de captura de las actas de defunción en Chiapas, Oaxaca, Durango, Tlaxcala y Yucatán. Aun así fueron consideradas para el cálculo del *EM* (Grupo interinstitucional para la estimación del exceso de mortalidad por todas las causas, 2021: 6).

Pero, no obstante, a pesar de la importancia de contar con estos datos estatales, la validez y/o la simple extrapolación de este indicador puntual sin una adecuada comprensión estadística puede ser inútil y/o peligroso para vigilar la gravedad precisa del COVID-19 en la mortalidad total.

En este sentido, las herramientas estadísticas nos permiten transformar la incertidumbre de un estimador puntual en un parámetro estadísticamente confiable para la toma de decisiones. De forma tal que para aportar validez estadística al indicador *EM* nuestro objetivo es realizar un conjunto de pruebas de hipótesis que mida si aceptamos o rechazamos estadísticamente, usando la distribución logarítmica normal (o *lognormal*); y que el *EM* para cada entidad federativa mexicana es similar al valor que normalmente podría ocurrir sin pandemia (Matus *et al.*, 2020; Martín, 2020).³ En pocas palabras, probamos la existencia estadística de muertes en exceso por estado debido al COVID-19 durante la crisis sanitaria, usando la distribución lognormal.

Importa mencionar que en teoría de la probabilidad una distribución lognormal es una distribución de probabilidad continua de una variable aleatoria, cuyo logaritmo se distribuye normalmente. Una variable aleatoria con distribución lognormal sólo toma valores reales no negativos y presenta una falta de simetría con respecto a la media. Consecuentemente, es un modelo estadístico paramétrico conveniente y útil en nuestro caso, porque empíricamente la variable *EM*, en su versión absoluta y relativa, toma valores no negativos y muestra una asimetría con respecto a la media muestral.⁴

Los resultados encontrados rechazan la hipótesis nula de que la variación del *EM* a nivel estatal de marzo a diciembre de 2020 no sea relevante estadísticamente para todos estados. Estos resultados son relevantes debido a que los diferentes niveles de gobierno requieren de información confiable para saber cómo reabrir las diferentes economías de forma segura.

Este texto se organiza en cinco secciones además de la introducción. En la sección 1 se realiza la revisión selecta de la literatura nacional e internacional sobre el tema. En la sección 2 se describe la metodología de construcción del índice de exceso de muertes por todas las causas absoluto y relativo y se establece que la base de datos está actualizada hasta el 2 de diciembre de 2021. En la sección 3 se presentan los resultados oficiales del exceso de muertes a nivel nacional y por entidad federativa seleccionada para el año de 2020. En la sección 4 se analiza la significancia estadística

³ Existe un debate con respecto a si el indicador se debe corregir por el tamaño de población. Esto porque afecta la significancia de las pruebas de hipótesis una vez corregidas, lo cual produce que la conclusión esté directamente relacionada con la corrección y no necesariamente con los datos observados directamente (Matus *et al.*, 2020).

⁴ Aplicamos este modelo estadístico paramétrico para valorar la hipótesis nula. Alternativamente, podríamos seguir un enfoque no paramétrico, como correctamente lo señaló uno de los árbitros anónimos.

del exceso de mortalidad a nivel estatal de la semana 12 a la 50 del año de 2020. Por último, en la sección 5 se establecen conclusiones.

1. Revisión de la Literatura

Hay muchos analistas de datos a nivel mundial que se esforzaron para contabilizar el *EM* ante cualquier evento catastrófico —ya sea por sucesos infecciosos, desastres o conflictos sociales mediante los sistemas tradicionales de registro de defunciones. Especialmente en sucesos infecciones, el *EM* es atribuible a periodos específicos de la crisis sanitaria: “[se define como las] defunciones observadas que son superiores a las esperadas en relación de la tasa de defunciones sin crisis sanitaria en la población de interés” (OMS, 2020).

Importa clarar que el cálculo del indicador del *EM* no es único y los resultados casi nunca son comparables. Lo anterior, en primer lugar, se debe a que existen varias definiciones de la variable defunciones, tales como defunciones por todas las causas (Rizzo, 2007), defunciones por enfermedades respiratorias (López-Perea, 2011) y defunciones por gripe o neumonía (Nielsen *et al.*, 2011). En el caso del COVID-19, al ser un virus novel, el primer indicador es el más usual para determinar el impacto de esta epidemia global en una población (Ochoa *et al.*, 2020; Weinberger *et al.*, 2020; Martin, 2020; Romero Zavala y Despeghel, 2020; Matus *et al.*, 2020).

En segundo lugar, la existencia de una amplia variedad de algoritmos para medir el que se debe calcular comparando las muertes reportadas durante un periodo sobre un valor de referencia del número esperado de muertes, construido con base en la información histórica en tiempos normales para dicho periodo (Matus *et al.*, 2020). El valor del umbral comúnmente se construye con el promedio (valor esperado) de las muertes reportadas en los últimos 3 a 5 años para la población completa o considerando subrangos etarios y regionales. No obstante, hay variantes. El modelo Euro-Momo (European Mortality Monitoring Entrey), usado por 24 países europeos, calcula el valor del umbral mediante un algoritmo que analiza los datos de los últimos 3 a 5 años, ordenados por rangos etarios y subregiones en periodos de semanas epidemiológicas —este método ha sido aplicado por los países participantes desde el 2008 (Gergonne *et al.*, 2011). El CDC (Centers for Disease Control and Prevention) de Estados Unidos calcula el exceso de muertes por COVID-19 desde el 2 de febrero de este año y construye dos valores de referencias con la información de la mortalidad del 2015 al 2019: el promedio y el límite superior del intervalo de confianza de 95% —con esto se calcula el exceso de muertes por semana

y por jurisdicción (CDC, 2020). El Financial Times construye un indicador de referencia basado en el promedio histórico de 2 a 5 años, en el que se considera al periodo de análisis desde el inicio del contagio por país (Burn-Murdoch *et al.*, 2020). La publicación de The Economist (2020) emplea un indicador de referencia fundamentado en el promedio del 2015 al 2019 para periodos semanales. En tanto, el New York Times utiliza como valor de referencia los promedios históricos, además usa un método de ajuste lineal y suavización para países con cinco años de información, asimismo un promedio para regiones con solo tres años de información (Wu *et al.*, 2020). En otros casos se emplean distintas metodologías de cálculo del *EM*. El modelo del Institute of Health Metrics and Evaluation (IHME) reporta la mortalidad semanal o mensual de 56 países y 198 unidades subnacionales para el 2020 y años previos. De forma resumida, podemos describir su metodología en cuatro pasos: 1) se calcula el indicador por semana o mensualmente desde el inicio de la pandemia y posteriormente se estima cuánto se incrementó la mortalidad en comparación con la tasa esperada; 2) se estima la fracción del indicador considerando otras estimaciones disponibles; 3) se realiza un modelo estadístico cuyo fin es pronosticar la razón semanal de muertes totales por virus contra muertes reportadas con base en la covarianza y los efectos espaciales; y 4) se utiliza la razón de muertes totales contra las reportadas en aquellos lugares sin datos del total de muertes por COVID-19. Posteriormente, se multiplica la cifra de muertes a causa de COVID reportadas por la razón de muertes totales, pudiendo así generar un estimado del total de muertes por COVID-19 para cada lugar (IHME, 2021; Castro Añorve, 2021). Finalmente, autores realizan sus propias estimaciones que son *ad hoc* del indicador, como es el caso de Dahal *et al.* (2021).

De manera sintética, podemos presentar su metodología en tres pasos: 1) se define el *EM* como la diferencia entre las muertes confirmadas por causa del virus menos las muertes estimadas, a partir de una regresión cíclica de Serfling ajustada a la línea base; 2) la regresión mencionada combina un término lineal para describir la tendencia y términos no lineales (senos y cosenos) para incluir los componentes de estacionalidad y ciclos; y 3) realizan ajustes del *EM* mediante análisis de correlación de las estimaciones de regresión del indicador y de información disponible en medios electrónicos.

En tercer lugar, es común que se realicen sólo estimaciones puntuales del indicador. Por ejemplo, en el caso de México, la metodología de estimación del indicador *EM* por el grupo interinstitucional se pegó a la propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), basada en canales endémicos y semanas epidemiológicas.⁵ El índice se estima restando

⁵ En México, se han utilizado tres métodos distintos para calcular el exceso de mortalidad en el contexto de la pandemia por COVID-19 (Castro Añorve, 2021).

del total de las defunciones observadas las esperadas por todas las causas, por semana epidemiológica y por entidad federativa. En particular, en el país destacan diversas estimaciones en el periodo comprendido de la semana epidemiológica 1 a la 53 de 2020 y entre la 1 y 12 de 2021. Los resultados del primer periodo establecen que el primer caso de mortalidad confirmada por COVID-19 fue un varón, iniciando así la mortalidad masculina el 18 de marzo de 2020, y el exceso de mortalidad por todas las causas empezó a observarse a partir de la semana epidemiológica 12, con un aumento sostenido hasta la semana 21. A partir de ésta se ha mantenido estable, encontrando el punto más alto en la semana 29 (12 al 18 de julio) con un 119.9% de exceso de mortalidad por todas las causas. Para las mujeres el exceso de mortalidad inicia en la semana 15, aumentando hasta la semana 21, con una tendencia similar a la nacional y su punto más alto fue en la semana 29 (89.0%). Hay una mayor proporción de exceso en hombres con respecto a las mujeres, han muerto 193 hombres por cada 100 mujeres. Al nivel de entidad federativa, los aumentos en la mortalidad se observan a partir de la semana 16 en Baja California, la Ciudad de México, el Estado de México, Morelos, Quintana Roo, Tabasco (Grupo interinstitucional para la estimación del exceso de mortalidad por todas las causas 2020).

Adicionalmente, se establece que de la semana 1 a la 53 de 2020 ocurrieron 1 050 383 muertes. Esto es, 326 610 defunciones (45.1%) más que las esperadas según el canal endémico 2015-2019. El exceso de mortalidad por todas las causas comenzó a observarse a partir de la semana epidemiológica 15 (5 al 11 de abril de 2020), con un aumento sostenido hasta la semana 28 (15 al 11 de julio) —cuando se alcanzó un exceso de muertes estimado de 98.0% (12 875 defunciones más de lo esperado en dicha semana). A partir de esta fecha, se observó un descenso hasta alcanzar un mínimo en la semana 41 (35.2%). Después, la tendencia volvió a ser ascendente por el resto del año hasta llegar a 95.2% (14 281 defunciones en exceso) en la semana 53 (Palacios *et al.*, 2021). Los resultados del primer periodo establecen que entre la semana 1 a 12 de 2021 se contabilizaron a nivel nacional un total de 368 906 defunciones registradas. Es decir, hubieron 166 178 decesos más que en el mismo periodo del año inmediato anterior y de enero de 2020 a marzo de 2021 un total de 940 329 defunciones y ocurrieron 1 437 805. Con base en estos resultados, se tiene que hubieron 497 476 muertes extras durante la pandemia, equivalente al 52.9%. Los estados mexicanos con mayor exceso de muerte son Baja California, la Ciudad de México, el Estado de México, Morelos, Puebla, Quintana Roo, Tabasco (SS, 2022a).

Por último, hay estudios que comparan el número de actas de defunción emitidas por el Registro Civil de la Ciudad de México con los datos publicados por la Secretaría de Salud sobre el número de pacientes con

COVID-19 que fallecieron en la misma entidad. El resultado importante es que al considerar las cifras acumuladas entre la semana 14 (que inició el 30 de marzo) y la semana 4 de 2021 (que concluyó el 31 de enero) se estima que el exceso de mortalidad es de 77 469 decesos — 2.66 veces mayor que el número de fallecidos por COVID-19 reportados por la Secretaría de Salud hasta el corte del 3 de febrero de 2021 (29 146) (Romero Zavala y Despehjel, 2021). Como corolario, implica la existencia de una subestimación oficial de muertes por infección del virus ya sea por diagnóstico equivocado y/o por sub-registro de estas muertes (Romero Zavala y Despeghel, 2020).

En síntesis, se ha hecho hincapié en ciertas limitaciones y posibles errores del uso del indicador del *EM*. Se destaca, en primer lugar, que su medición no es única, estando en función de la definición de la variable defunciones y de la base de datos disponibles para su medición; y, en segundo lugar, cada agencia oficial publica sólo estimaciones puntuales del *EM* desconocido y no se preocupan por garantizar si el estimador del *EM* está contenido en cierto nivel de confianza estadística.

2. Metodología del Exceso de Mortalidad

El grupo interinstitucional mexicano, como referencia metodológica para la estimación del *EM* se basó en conceptos, técnicas y herramientas dispuestas por la Organización Panamericana de la Salud (2020). Así, la evaluación implicó el conteo semanal de todas las muertes por cualquier causa comparado con umbrales esperados, los cuales se definieron a partir de los promedios históricos de periodos anteriores y los intervalos de confianza alrededor del promedio, similares a un canal endémico, que es el método que permite establecer en qué momento se presenta un exceso de mortalidad cuando el número de defunciones supera el rango de variabilidad normal alrededor del promedio histórico. La ecuación (1) sintetiza la medición absoluta del *EM*:

$$EM = (O - E) \quad (1)$$

Donde

Mortalidad observada (O): son cifras que provienen de las actas registradas de defunción en 2020, las cuales fueron obtenidas de la Base de Datos Nacional del Registro Civil (BDNRC), administrada por SS (2022b) y actualizada al 2 de enero de 2021 (semana 12 a 53 del año 2020).

Mortalidad esperada (E): son datos que representan el número de defunciones esperadas (90 percentil) según datos históricos de la

mortalidad por fecha de ocurrencia entre 2016 y 2018 y por semana epidemiológica. Esta información fue administrada por INEGI. Además, el valor de referencia siguió el método de canales endémicos sugerida por la OPS (2020).

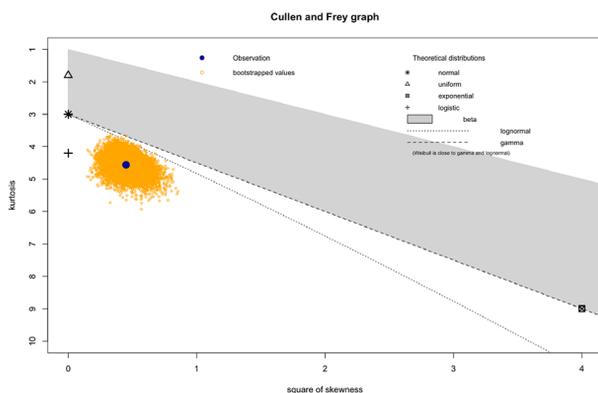
Exceso de mortalidad por semana y por millón de habitantes (EM): es la diferencia de las dos variables de defunciones anteriores. El indicador incluye no sólo las muertes específicas del COVID-19, sino todas las ocurridas por otros factores que puedan contribuir al indicador por todas las causas.

Alternativamente, se puede re-parametrizar el valor de la distribución semanal del *EM* con un máximo propuesto en el percentil 90, habiendo usado la metodología del canal endémico con los datos de cada semana epidemiológicas del período 2016-2018. La estimación de la diferencia porcentual del *EM* se concretó al dividir la cifra de muertes observadas menos las esperadas para todas las causas por cada semana epidemiológica del año 2020 menos uno. La ecuación (2) expresa la medición relativa del *EM*:

$$\%EM = \left(\frac{O}{E} - 1\right) \times 100 \quad (2)$$

Ahora, en la figura 1 se presenta el diagrama de asimetría y curtosis propuesta por Cullen y Frey (1999), basada en un re-muestreo (o bootstrap) para aproximar la distribución empírica de una muestra de *EM* (versión absoluta del indicador). Tanto los valores de asimetría como de curtosis correspondientes al re-muestreo están representados por el círculo en la figura 1:

Figura 1
Exceso de mortalidad de la semana 12 a 53 de 2020



Fuente: elaboración de los autores con base en estadísticas SS (2022b). Se empleó el paquete *fitdistrpl* de R (Delignette-Muller *et al.*, 2021).

La figura 1 sugiere que, en este caso, las distribuciones de probabilidad empírica del *EM* se aproximan más a una distribución teórica lognormal. Debemos resaltar que la distribución lognormal es similar a la distribución normal, sólo que presenta colas más pesadas y curtosis más pronunciada

En general, se considera que una variable aleatoria con distribución lognormal es:

Definición: una variable aleatoria Y se distribuye lognormal con parámetros $\mu \in \mathfrak{R}$ y $\sigma \in \mathfrak{R}$ si y solo si $X = \ln Y$ se distribuye normal con media μ y varianza σ^2

La función de densidad de Y es:

$$f_y(y; \mu, \sigma) = \frac{1}{y\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[\ln(y) - \mu]^2}{2\sigma^2}\right\}$$

Para aportar validez estadística al *EM* por entidad federativa, realizamos una prueba estadística que se propone:

$$Z = \frac{\ln EM - \mu}{\sigma} \sim N(\mu, \sigma^2) \quad (3)$$

Donde Z es una variable con media μ y desviación típica que se distribuye como una distribución lognormal. La prueba de la hipótesis nula es la siguiente:

H_0^1 : Durante la pandemia el *EM* por todas las causas a nivel estatal es similar al valor que normalmente podría ocurrir sin pandemia, siendo el cambio del valor no relevante ($\mu=0$).

La significancia estadística de la primera prueba H_0^1 : se puede evidenciar mediante una distribución lognormal. Alternativamente, podemos usar un intervalo de confianza para probar si *EM* en 2020 (semana 12 a 53) se encuentra dentro de los valores que pudieran ocurrir sin pandemia, mediante la desviación estándar del valor de referencia de las muertes esperadas, construido este último con datos históricos de muertes en el periodo 2016-2018.

3. Resultados Oficiales del Exceso de Muertes en 2020

El grupo interinstitucional en esta emergencia del COVID-19 estimó el indicador del EM por todas las causas. Para ello, usó los datos de defunciones observadas por todas sus causas que encontró en las actas de SS (2022b), las cuales cubren aproximadamente el 85.5% de la población mexicana durante las semanas epidemiológicas de la 12 a la 53 y las defunciones esperadas a partir de una metodología basada en OPS (2020) EM .

En la tabla 1 se muestran los datos oficiales de las defunciones esperadas por semana por todas las causas (E), las defunciones observadas (O), las defunciones observadas acumuladas (Σo), el exceso de mortalidad absoluta (EM), el exceso de mortalidad acumulado (ΣEM), y el exceso de mortalidad relativa (EM/E).

Una forma inicial de analizar el EM total a nivel nacional es mediante la comparación de la diferencia absoluta de las muertes ocurridas en el año 2020 y el valor de referencia de las muertes esperadas (mediana), este último se construye con datos históricos de muertes para el periodo de 2016-2018. Lo anterior proporciona una idea del impacto de la pandemia en el país, particularmente de su posible costo de vidas, tanto directas como indirectas.

Tabla 1
Exceso de mortalidad por todas las causas por semana epidemiológica, semanas de la 12 a 53, 2020

<i>Semana</i>	<i>Defunciones esperadas (E) 2020</i>	<i>Defunciones observadas (O) 2020</i>	<i>Defunciones observadas acumuladas ($\sum_{i=k}^k O_{ik}$) 2020</i>	<i>Exceso de mortalidad absoluta (EM=O-E) 2020</i>	<i>Exceso de mortalidad acumulado ($\sum_{i=k}^k EM_{ij}$) 2020</i>	<i>Exceso de mortalidad relativa ($\frac{EM_{ij}}{E_{ij}}$) 2020</i>	<i>Casos confirmados SARS- COV 2* 2020</i>
Total	748,999	1,050,383	0	301,382	0	41.6%	125,485
12	13736	13158	179264	0	0	0.00%	3
13	13748	13529	192793	0	0	0.00%	35
14	13850	13429	206222	0	0	0.00%	152
15	13521	13800	220022	279	0	4.50%	371
16	13517	14538	234560	1021	1300	11.40%	643
17	13532	16644	251204	3112	4412	25.70%	1,229
18	13505	18330	269534	4826	9238	39.10%	1,780
19	13348	20336	289870	6988	16226	59.40%	2,170
20	13497	21836	311706	8339	24565	64.00%	2,664

Tabla 1 (continuación)

<i>Semana</i>	<i>Defunciones esperadas (E) 2020</i>	<i>Defunciones observadas (O) 2020</i>	<i>Defunciones observadas acumuladas ($\sum_{i=k}^k O_{ik}$) 2020</i>	<i>Exceso de mortalidad absoluta (EM = O - E) 2020</i>	<i>Exceso de mortalidad acumulado ($\sum_{i=k}^k EM_{ij}$) 2020</i>	<i>Exceso de mortalidad relativa ($\frac{EM_{ij}}{E_{ij}}$) 2020</i>	<i>Casos confirmados SARS- COV 2* 2020</i>
21	13747	22938	334644	9191	33756	73.90%	3,219
22	13587	22921	357565	9334	43090	72.10%	3,429
23	13081	23544	381109	10463	53553	81.00%	3,819
24	13163	24385	405494	11222	64775	93.10%	4,227
25	13454	24409	429903	10955	75730	84.90%	4,301
26	12967	24055	453958	11088	86818	87.70%	4,136
27	13176	24887	478845	11711	98529	96.00%	4,385
28	13141	26016	504861	12878	111407	100.20%	4,777
29	13296	26001	530862	12705	124112	110.40%	4,792
30	13321	25525	556387	12204	136316	96.80%	4,815
31	13429	24583	580970	11154	147470	85.70%	4,578
32	13026	23722	604692	10696	158166	85.80%	4,374
33	13265	22448	627140	9183	167349	75.40%	3,908
34	12938	21530	648670	8592	175941	70.30%	3,585
35	13002	20669	669339	7667	183608	61.60%	3,236
36	12947	20099	689438	7152	190760	54.70%	3,122
37	13135	19179	708617	6044	196804	44.60%	2,831
38	13580	18383	727000	4803	201607	36.90%	2,540
39	13252	18545	745545	5293	206900	43.20%	2,474
40	13248	18082	763627	4834	211734	37.40%	2,227
41	13381	18088	781715	4707	216441	34.20%	2,145
42	13518	18420	800135	4902	221343	36.00%	2,359
43	13536	18744	818879	5208	226551	37.70%	2,677
44	13770	19625	838504	5855	232406	39.70%	2,812
45	14077	20276	858780	6199	238605	41.30%	2,940
46	14265	20834	879614	6569	245174	41.50%	2,929
47	15108	21206	900820	6098	251272	34.60%	3,028
48	14444	21752	922572	7308	258580	39.00%	3,412
49	14713	22260	944832	7547	266127	35.00%	3,658
50	15764	23853	968685	8089	274216	30.40%	3,890
51	15991	24926	993611	8935	283151	31.45%	4201
52	16725	27490	1021101	10765	293916	32.13%	4338
53	15001	29282	1050383	14281	308197	33.23%	3274

Fuente: elaboración propia con base en Grupo interinstitucional para la estimación del exceso de mortalidad por todas las causas (2020: 16).

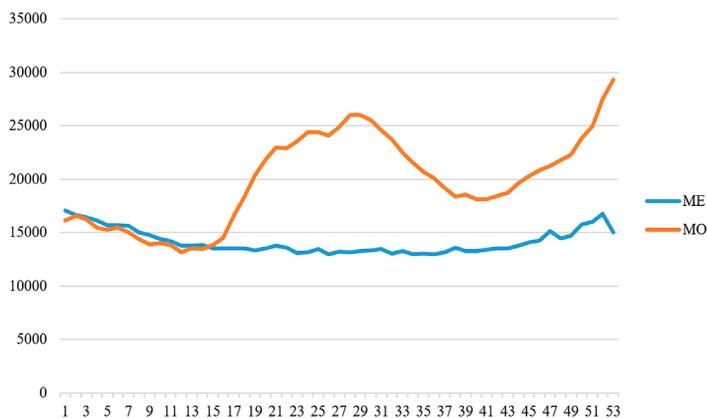
De acuerdo con la tabla 1, observamos que de la semana 12 hasta la 53 se esperaba, a partir de los datos de tendencia de defunciones en años recientes, que hubiera 748,999 muertes, pero ocurrieron 1,050,383 muertes. Por lo que el exceso de muertes por todas las causas ascendió a 301,384 personas. El registro oficial de casos confirmados de COVID-19 fue de 125,485 personas muertas —esto es, hubo 175,057 muertes, más de lo esperado para el mismo periodo.

Otra forma alternativa de analizar el *EM* es comparando la proporción de la diferencia de muertes en exceso por todas las causas que no se contabilizan por COVID-19 con las directamente asociadas por COVID-19.

En la misma tabla, notamos que el porcentaje a nivel nacional de muertes en exceso por todas las causas en 2020, con respecto al periodo 2016-2018, es de 41.6% —es decir, 41.6% de más muertes que lo esperado.

La gráfica 1 presenta de manera visual la versión absoluta del *EM* nacional. Para ello, se comparó con el umbral de las muertes esperadas, este último se realizó con los datos históricos de muertes en el período 2016-2018.

Gráfica 1
Exceso de mortalidad por todas las causas por semana epidemiológica, semanas de la 12 a la 53, 2020



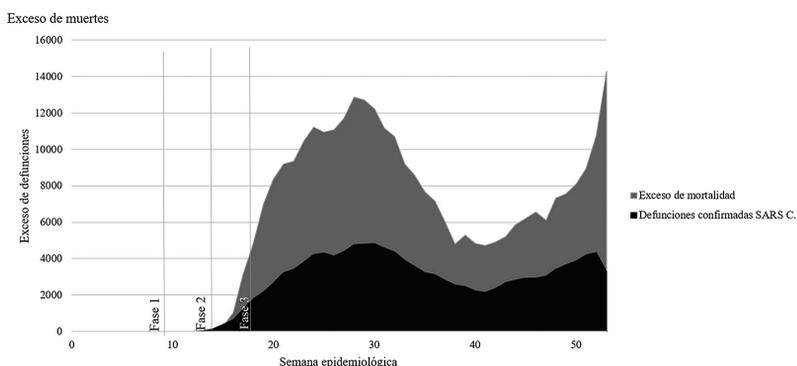
Fuente: exceso de mortalidad con las actas de defunción y valor de la mediana del mismo indicador con las defunciones de referencia por año de ocurrencia y entidad de registro de 2016 a 2018 (SS, 2022a y 2022b).

En la gráfica 2, se evidencia estos resultados. En las primeras semanas del año 2020 un exceso de mortalidad no se registró, incluso tiene la misma tendencia ligeramente inferior del promedio histórico para este periodo. Se

observa a partir de la semana 13 un cambio en la tendencia, en el que se registra el inicio del exceso de mortalidad general que empieza a ser notable en la semana 16 (del 1 al 7 de abril) e incrementándose a una tasa constante de crecimiento hasta la semana 23. También, se muestran variaciones en las tasas de crecimiento desde la semana 24 hasta la 53.

Además, esta gráfica muestra la versión relativa del *EM* nacional, esto mediante la comparación de la proporción de muertes en exceso por todas las causas que no se contabilizan por COVID-19 con las directamente asociadas con este virus.

Gráfica 2 Exceso de mortalidad por todas las causas y muertes confirmadas por COVID-19, semanas de la 12 a la 53, 2020



Fuente: exceso de mortalidad con las actas de defunción (gris) y de casos confirmados COVID-19 por año de ocurrencia y entidad de registro del 2016 a 2018 (SS, 2022a y 2022b).

La interpretación de la gráfica 2 es: si el número real de muertes a nivel nacional se explicara por completo por el número de muertes confirmadas por COVID-19, esperaríamos que la curva gris y la negra durante este período fueran más o menos las mismas; sin embargo, vemos que el número de muertes confirmadas por COVID-19 subestima enormemente al número real de muertes por la pandemia (la curva negra es constantemente mucho más baja que la gris). Entonces, los datos de *EM* sugieren que el número de muertes por COVID-19 es mucho mayor que las cifras oficiales.

La cuantificación del indicador sugiere que el número de muertes en el país es más de 2 veces mayor de lo que las estadísticas oficiales reportan. Es decir, el número de defunciones confirmadas oficialmente por COVID-19 subestiman el número real de muertes por la pandemia.

Por otro lado, se presentan oficialmente los estados que registran mayores cifras de defunción. Sin embargo, se requiere un análisis del *EM*,

en el que se considere un seguimiento semanal del número de fallecidos sucedidos durante la pandemia, claro considerando la semana 53 como fecha de corte —es decir, el periodo que *EM* comprende los meses de marzo a diciembre del 2020.

En la tabla 2 observamos que la Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Nuevo León, Puebla y Veracruz son entidades que han sido críticamente afectadas por el virus —el *EM* supera el 47%. Además, destaca que hay una gran variación, desde una extremadamente alta en las entidades anteriormente mencionadas hasta niveles muy moderados en algunos estados, tales como Chiapas, Baja California Sur, Durango, Michoacán, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Nayarit y Zacatecas, que tienen una igual o inferior al 25%. Además, destacan las regiones de la frontera norte del país (Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas) y la del centro (Ciudad de México y Estado de México), siendo el comportamiento del exceso de muertes fuertemente dependiente de la región considerada.

Tabla 2
Exceso de mortalidad absoluta y relativa por entidades federativas, semanas 12 a la 53, 2020

<i>Exceso de mortalidad absoluta por entidad federativa</i>							
AGS	2553	COAH	8639	MOR	5648	SIN	4316
BC	10,893	COL	1432	NL	12,277	SON	9151
BCS	931	GTO	13,593	PUE	18,085	TAM	6027
CAM	2334	HGO	5499	NAY	554	TLX	3026
CHIH	8639	JAL	11,676	QRO	3904	VER	15,817
CDMX	46,325	EDO MX	46,946	SLP	4384	ZAC	4043
CHIS	2550	GRO	1878	MICH	6187	OAX	1838
DGO	2173	ROO	3477	TAB	4846	YUC	2859
Nacional	274,487	Frontera Norte	46,987	EDO MX y CDMX	93,271	R de MX	181,216
<i>Porcentaje de la diferencia del exceso de mortalidad por entidad federativa</i>							
AGS	42.1%	COAH	49.9%	MOR	47.4%	SIN	26.8%
BC	52.4%	COL	30.5%	NL	44.5%	SON	53.5%
BCS	25.4%	GTO	40.0%	PUE	49.7%	TAM	31.3%
CAM	51.7%	HGO	37.5%	NAY	8.6%	TLX	46.7%
CHIH	36.6%	JAL	25.3%	QRO	37.7%	VER	31.3%
CDMX	63.6%	EDO MX	64.3%	SLP	28.1%	ZAC	49.3%

Tabla 2 (continuación)

Porcentaje de la diferencia del exceso de mortalidad por entidad federativa							
CHIS	9.9%	GRO	9.8%	MICH	24.0%	OAX	7.8%
DOG	24.5%	ROO	51.8%	TAB	36.5%	YUC	21.6%

Fuente: elaboración de los autores a partir de la información del Grupo interinstitucional para la estimación del exceso de mortalidad por todas las causas (2021).

En otras palabras, aunque las cifras de la tabla 2 son relevantes, bien podrían estar incompletas, ya que el estimador del *EM* podría ser afectado por el cambio de la velocidad con la que personas que mueren por otras causas. De hecho, las medidas de control a nivel estatal del COVID-19 podrían haber conducido a cambios en las tasas de mortalidad por todas las causas, debido a impactos— tales como la reducción de los accidentes de tráfico (si la movilidad disminuyó durante el aislamiento), la disminución de los homicidios por narcotráfico (si la violencia disminuyó durante la cuarentena) o hubo una caída de las muertes laborales debido a la menor migración u otros problemas de salud relacionados con el tamaño de sus poblaciones (por ejemplo si los hospitales se saturaron y/o la demanda por servicios de salud cambió).

La falta de estimaciones confiables, en términos estadísticos, del impacto de la pandemia tiene grandes consecuencias en las vidas de millones de mexicanos afectados por una crisis sanitaria y económica sin precedente. Los distintos órganos y niveles de gobierno necesitan números y datos confiables para cercionarse y reabrir las diferentes economías de manera segura. Un debate que se ha intensificado recientemente.

4. Significancia estadística del Exceso de Mortalidad a nivel estatal

En estudios recientes se ha encontrado que el comportamiento del exceso de muertes depende fuertemente de la región considerada (Matus *et al.*, 2020; Martín, 2020). Para analizar la significancia de *EM* a nivel estatal, el método utilizado es el siguiente:

- 1) Se suman los fallecimientos por semana epidemiológica y por entidad federativa de los últimos 3 años (2016 a 2018) que se tienen datos previos a la pandemia —4960 datos provenientes de 52 semanas, 3 años y 32 entidades, menos la última semana de 2018 que no se tienen los datos completos. El mismo proceso se aplica con los datos que tenemos para 2020 y 2021 (2589 observaciones),

- que incluyen a 32 entidades, 52 semanas de 2020 y 29 de 2021 (faltan los datos de las semanas 27 a 29 de 2021 para Tlaxcala).
- 2) Con los datos anteriores y la información de las proyecciones de población de CONAPO que publican a cada año se calculan las tasas de mortalidad por cada millón de habitantes para cada entidad y semana epidemiológica.
 - 3) Se calcula el promedio de muertes por millón de cada estado en los años 2016 a 2018 y se dividen las muertes por millón por semana epidemiológica sobre ese promedio estatal para estandarizar las observaciones. Estas son desviaciones alrededor de 1 que varían por entidad y por semana epidemiológica.
 - 4) Tales desviaciones se emplean para estimar una distribución lognormal de todas las desviaciones sobre las medias estatales entre 2016 y 2018. Dado que no existe la SE 53 para los años 2016 a 2018 pero sí para 2020, los datos que se usaron para la estimación de la distribución de la semana 53 son los mismos de la 52.

Con base a esta estimación calculamos el cuantil 95 de la distribución para cada SE y lo multiplicamos por el promedio de cada estado de muertes totales por millón de habitantes. De esta forma, si la observación de mortalidad por millón supera este cuantil modificado en una semana determinada, se considera que el número de fallecimientos que hay de diferencia entre la observación y el cuantil modificado son los fallecimientos en exceso, los cuales son estadísticamente significativos. Si no supera el cuantil modificado, el exceso de mortalidad para ese grado de significancia se considera igual a cero. Este proceso también se aplica para los cuantiles 99 y 50 (que en el caso de la lognormal es igual a la media). Así, tenemos tres muertes en exceso y un error: la tabla 3, que contiene el número de fallecidos esperados para las entidades federativas mexicanas entre la semana epidemiológica 12 a la 53 de 2016 al 2018 (E); el cálculo del exceso de muertes con el valor del umbral medido por el valor promedio de 2016 a 2018 ($AVG E$) según el método de canales endémicos propuesto por la OPS; el número de fallecidos observados para las entidades federativas entre la semana epidemiológica 12 a la 53, de 2016 al 2018. (O); y el error estándar ($\sqrt{\frac{\sigma}{n}}$).

En la tabla 3 mostramos que al comparar el valor dado con el valor de contraste de 99.9% son significativos todos los estados. En todos los casos se rechaza la hipótesis nula a favor de la alternativa. Es decir, se puede asumir que el estimador del EM por todas las causas a nivel estatal de marzo a diciembre de 2020 es relevante estadísticamente.

Tabla 3
Exceso de muertes por entidad federativa entre la semana epidemiológica 12 a 53, 2020

Entidades Federativas	Defunciones (E)		Fallecimientos esperados medidos por el valor promedio de 2016 a 2018 (AVGE)		Defunciones observadas (O)	Exceso de mortalidad absoluta (EM)	Desviación estándar (σ)	Tabulación normal de Z-score EM/σ
	2016	2017	2018	2016-18				
AGS	4555	4948	4580	4694	8266	3572	75.466	47.32829112
BC	14057	16142	16418	15,539	30,105	14,566	195.726	74.420275
BCS	2497	3082	2605	2728	4020	1292	26.903	48.02442949
CAM	3721	3563	3440	3575	6135	2560	91.324	28.03572014
CHIH	20156	20,851	20,272	20,426	28,596	8170	342.301	23.86687829
CDMX	17459	18,114	17,756	17,776	30,518	12,742	280.709	45.39096909
COAH	55500	57,973	56,029	56,501	116,296	59,795	962.707	62.1116698
COL	12226	12,601	12,080	12,302	23,316	11,014	215.374	51.1373907
DGO	3601	3759	3681	3680	5382	1702	30.762	55.31658418
GTO	6577	6868	6217	6554	11,422	4868	119.087	40.87769002
HIGO	23789	26,997	26,461	25,749	43,484	17,735	284.196	62.4040089
JAL	15207	15,104	12,529	14,280	20,524	6244	141.682	44.07063178
EDO MX	11041	11,705	10,839	11,195	19,154	7959	110.726	71.87986667
MICH	34841	37,167	35,983	35,997	53,627	17,630	284.986	61.8627251

Tabla 3 (continuación)

Entidades Federativas	Defunciones (E)			Fallecimientos esperados medidos por el valor promedio de 2016 a 2018 (AVGE)		Defunciones observadas (O)		Exceso de mortalidad absoluta (EM)	Desviación estándar (σ)	Tabulación normal de Z -score EM/σ
	2016	2017	2018	2016-18	2020	2020				
MOR	54310	57,378	56,974	56,221	114,222	58,001	881.987	65.76214036	**	
MAY	20105	20,390	18,900	19,798	29,434	9636	129.282	74.53220211	**	
NL	9524	9751	9188	9488	15,924	6436	79.617	80.8409437	**	
PUE	4651	5378	4589	4873	6479	1606	31.180	51.51791808	**	
QRO	20509	21,520	20,827	20,952	37,167	16,215	281.366	57.6295384	**	
QROO	19001	18,798	18,096	18,632	25,462	6830	129.927	52.57041004	**	
SLP	26755	29,191	28,019	27,988	57,041	29,053	351.696	82.60730089	**	
SIN	7721	8134	8157	8004	13,095	5091	91.352	55.72945603	**	
SON	4808	5184	5429	5140	9229	4089	76.039	53.77031156	**	
TAB	11243	12,386	11,718	11,782	18,241	6459	135.882	47.53142587	**	
TAM	11839	12,431	11,301	11,857	19,322	7465	135.817	54.96361537	**	
TAXC	12585	13,061	13,390	13,012	24,052	11,040	223.533	49.3887502	**	
VER	10725	10,541	10,349	10,538	18,487	7949	180.662	43.99733554	**	
ZAC	15074	15,742	13,378	14,731	23,730	8999	251.828	35.73337732	**	

* Nivel de significancia 99%.

** Nivel de significancia 99.9%

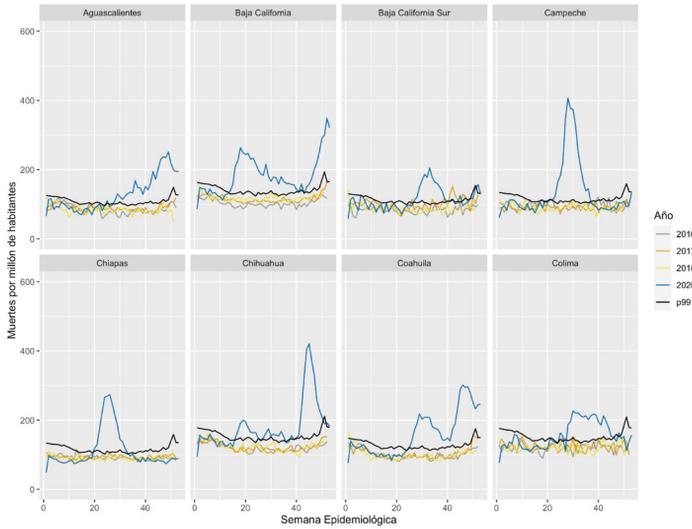
Fuente: elaboración propia con base en la información oficial.

Una manera alternativa de presentar el *EM* por entidad federativa, en su versión absoluta, es compararlo con el umbral de las muertes esperadas. Este último se realiza con los datos históricos de muertes de los 3 años anteriormente mencionados. Esto se muestra en las gráficas 3a a 3d.

De la gráficas 3a a 3d podemos señalar el siguiente comportamiento estatal del COVID-19 en 2020. Primero, 9 estados del país sintieron de manera temprana el impacto de la pandemia: Puebla empieza a partir de la semana epidemiológica 12, Baja California (14), Ciudad de México (14), Quintana Roo (14), Estado de México (15), Chihuahua (16), Veracruz (16), Morelos (17) y Tlaxcala (17). Segundo, en la fase 3 de la crisis sanitaria, el periodo de contagio comunitario, 16 estados muestran un periodo tardío: Sinaloa (18), Hidalgo (19), Sonora (20), Zacatecas (20), Jalisco (21), Campeche (21), Querétaro (21), Aguascalientes (22), Guanajuato (22), Baja California Sur (24), Coahuila (24), Nuevo León (24), San Luis Potosí (24), Tamaulipas (24) y Colima (27). Tercero, la cúspide de la pandemia a nivel nacional se sitúa en la semana 31, donde se aprecia después un descenso en el *EM* de los estados líderes de defunciones. Cuarto, 4 entidades tuvieron el clímax del *EM* en el periodo de la semana 19 a 22: Baja California (19), Ciudad de México (21), Estado de México (22) y Morelos (21). Quinto, 20 estados encuentran el clímax del *EM* entre la semana 29 a 31: Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche, Chihuahua, Coahuila, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora y Tlaxcala.

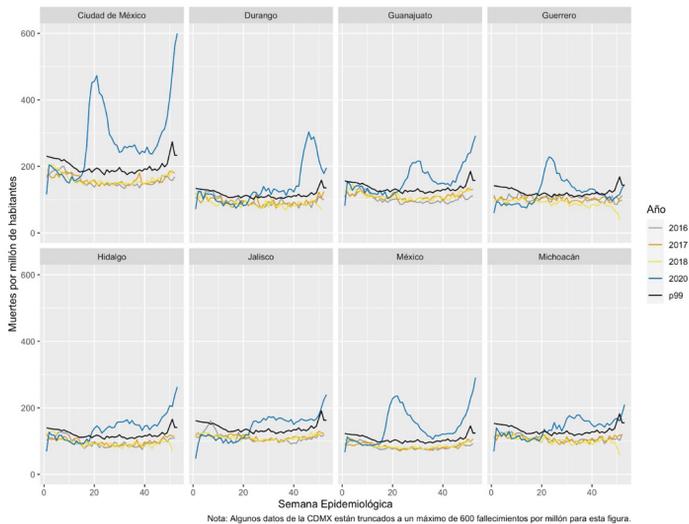
La validez estadística de los resultados nos da confianza para actuar sobre la base del *EM*.

Gráfica 3a
Exceso de mortalidad por todas las causas por entidad federativa y semana epidemiológica 12 a 53, 2020



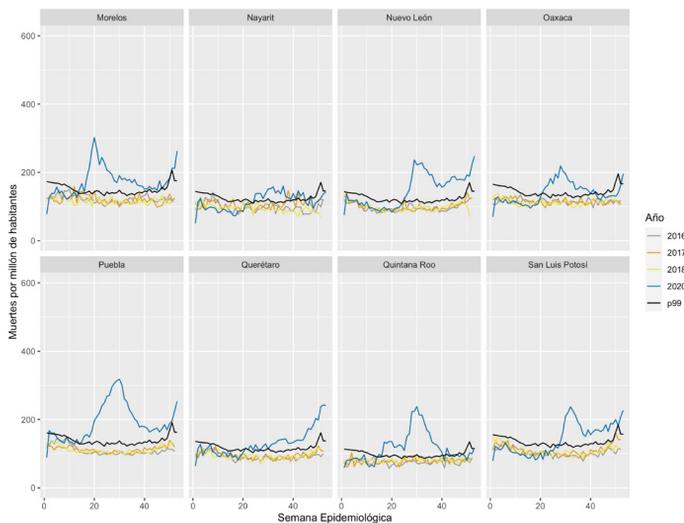
Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Salud (SS, 2022a y 2022b).

Gráfica 3b
Exceso de mortalidad por todas las causas por entidad federativa y semana epidemiológica 12 a 53, 2020



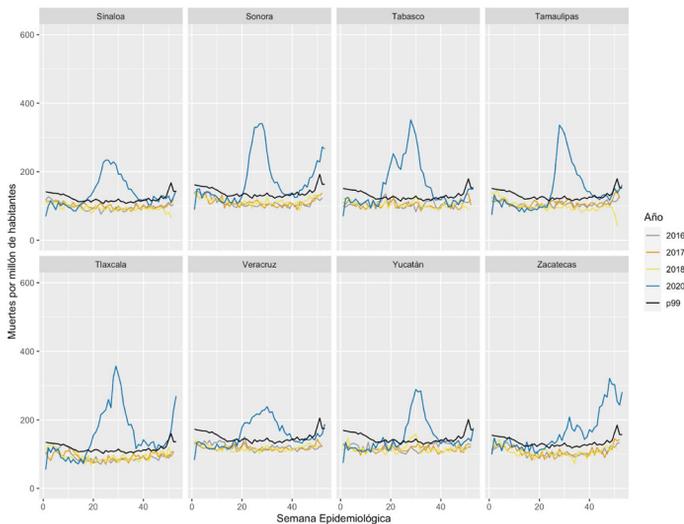
Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Salud (SS, 2022a y 2022b).

Gráfica 3c
Exceso de mortalidad por todas las causas por entidad federativa
y semana epidemiológica 12 a 53, 2020



Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Salud (SS, 2022a y 2022b).

Gráfica 3d
Exceso de mortalidad por todas las causas por entidad federativa
y semana epidemiológica 12 a 53, 2020



Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Salud (SS, 2022a y 2022b).

Conclusiones

La estimación oficial del *EM* en este tiempo de emergencia del COVID-19 representa un progreso en la cuantificación de personas fallecidas por causa directa del virus o con la infección concomitante o por otras causas. No obstante, el hecho de no saber la validez estadística de las estimaciones de *EM* produce que sean *EM* directamente inútiles (o no confiables). Lo anterior provoca una situación inapropiada y cuestionable: esto inspira a los políticos y autoridades a creer que se están rigiendo por datos correctos cuando realmente puede no ser así. Al mismo tiempo, es más probable que ellos sólo descubran los errores después de haberlos cometido.

Para aportar validez estadística al *EM* por entidad federativa, realizamos una prueba estadística de significación usando la distribución lognormal. Lo anterior se debe a que se comporta como una variable aleatoria que toma valores reales no negativos y presenta una falta de simetría con respecto a la media.

Los resultados encontrados rechazan la hipótesis nula a un nivel de 99.9% para todas las entidades federativas usando la distribución lognormal.

A nivel nacional, hay un 41.6% de exceso de defunciones, que se concentra en Baja California, Campeche, Ciudad de México, Colima, Estado de México, Guanajuato, Nuevo León, Puebla, Sinaloa, Tamaulipas, Tabasco, Veracruz y Zacatecas. Cuatro entidades tuvieron el clímax en el periodo de la semana 19 a la 22: Baja California (19), Ciudad de México (21), Estado de México (22) y Morelos (21). Por último, 20 estados encuentran el clímax del *EM* entre las semanas 29 a la 31: Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche, Chihuahua, Coahuila, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora y Tlaxcala.

Finalmente, la falta de estimaciones confiables estadísticamente sobre el impacto de la pandemia puede tener grandes consecuencias en las vidas de millones de mexicanos afectados por una crisis sanitaria y económica sin precedentes, dado que los gobiernos de los distintos niveles necesitan números confiables para saber cómo reabrir las diferentes economías de forma segura y otras estrategias de seguridad económica y de salud.

Fuentes consultadas

Burn-Murdoch, John; Romei, Valentina y Chris Giles (2020), "Global coronavirus death toll could be 60% higher than reported", *Financial Times*, 26 de abril, Londres, FT Group, Salud-Pandemia del Coronavirus, <<https://acortar.link/JIYBE8>>, 10 de noviembre de 2020.

- Castro Añorve, Adrián Fermín (2021), “El Exceso de Mortalidad por COVID-19 en México: breve descripción de tres metodologías”, *Boletín sobre COVID-19*, 2 (19-20), Ciudad de México, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 12-18, <<https://acortar.link/CbedxS>>, 14 de marzo de 2022.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention) (2020), “Excess Deaths Associated with COVID-19. Provisional Death Counts for Coronavirus Disease (COVID-19)”, Atlanta, Centers for Disease Control and Prevention, <<https://acortar.link/xIDY14>>, 15 de noviembre de 2020.
- Cullen, Alison C. y Frey, Christopher H. (1999), *Probabilistic Techniques in Exposure Assessment. A Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs*, Nueva York, Plenum Publishing.
- Dahal Sushma; Banda, Juan M.; Bento, Ana I.; Mizumoto, Kenji y Chowell, Gerardo. (2021), “Characterizing all-cause excess mortality patterns during COVID-19 pandemic in Mexico”, *BMC Infectious Diseases*, 21 (1), 432, Londres, BioMed Central Ltd., doi: 10.1186/s12879-021-06122-7
- Delignette-Muller, Marie Laure; Dutang, Christophe; Pouillot, Regis; Denis, Jean-Baptiste y Siberchicot, Aurelie (2021), “fitdistrplus: Help to Fit of a Parametric Distribution to Non-Censored or Censored Data”, R package version 1.1-6, Boston, Free Software Foundation, Inc.
- Gergonne, Bernadette; Mazick, Anne, O’Donnell, Joan; Oza, Ajay; Cox, Bianca; Wuillaume, Françoise; Kaufman, Zalman; Virtanen, Mikko; Green, Helen; Hardelind, Pia; Andrews, Nick; Pebody, Richard; Homberg, Martin; Detsis, Marios; Danis, Costas; Uphoff, Helmut; Josseran, Loic; Fouillet, Anne; Nunes, Baltazar; Nogueira, Paulo; Junker; Christoph; van Asten, Liselotte; van Klooster, Tessa; Simon, Fernando; Flores, Victor Manuel; Tomsic, Sonja; Spiteri, Gianfranco; Nielsen, Jens y Mølbak, Kåre (2011), “A European algorithm for a common monitoring of mortality across Europe”, Work Package 7 Report, Copenhagen, Euro-MOMO, <<https://acortar.link/FtA2sd>>, 3 de diciembre de 2020.

- Grupo interinstitucional para la estimación del exceso de mortalidad por todas las causas (2021), “Boletín estadístico por todas las causas durante la emergencia por COVID-19”, 9 (semana 50), Ciudad de México, INSP (Instituto Nacional de Salud Pública), <<https://acortar.link/yPutQJ>>, 12 de noviembre de 2020.
- Grupo interinstitucional para la estimación del exceso de mortalidad por todas las causas (2020), “Boletín estadístico sobre exceso de mortalidad por todas las causas durante la emergencia por COVID-19”, 1 (semana 31), Ciudad de México, INSP (Instituto Nacional de Salud Pública), <<https://acortar.link/bER1j>>, 12 de noviembre de 2020.
- López-Perea, Noemí; Méndez, Simón Lorena; López-Cuadrado Teresa; Larrauri Cámara, Amparo y de Mateo Ontañón, Salvador (2011), “Estimación de la mortalidad atribuible a gripe estacional en España. Temporadas 1980-2008”, *Boletín epidemiológico semanal*, 19 (11), Madrid, Centro Nacional de Epidemiología (CNE), <<https://acortar.link/Xy3NYY>>, 5 de diciembre de 2020.
- Martín-Otella, José María (2020), “A reference on mortality in Spain from 2001 to 2019 with an accurate estimate of excess of deaths during the spring COVID-19 outbreak”, *medRxiv. The preprint server for Health Sciences*, 24 de julio, doi: 10.1101/2020.07.22.20159707
- Matus, Alejandra; Matus, Marcelo; Cabello, Felipe y Sierra, Erick (2020), “Significancia estadística del exceso de muertes en Chile durante pandemia COVID-19”, *Infogate*, 2020, Santiago de Chile, Infogate, <<https://acortar.link/8O2vAp>>, 20 de noviembre de 2020.
- NYC DOHMH (New York City Department of Health and Mental Hygiene) COVID-19 Response Team (2020), “Preliminary Estimate of Excess Mortality During the COVID-19 Outbreak — New York City, March 11–May 2, 2020”, *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report*, 69 (19), Nueva York, CDC (Centers for Disease Control and Prevention), pp. 603–605, doi: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6919e5>
- Nielsen, Jens; Mazick, Anne; Glismann, Steffen y Mølbak, Kåre (2011), “Excess mortality related to seasonal influenza and extreme temperatures in Denmark, 1994-2010”, *BMC Infectious Diseases*, 11,

350, Londres, BioMed Central Ltd., doi: 10.1186/1471-2334-11-350

Ochoa Sangrador, Carlos; Garmendia Leiza, José Ramón; Pérez Boillos, María José; Pastrana Ara, Fernando; Lorenzo Lobato, María del Pilar y Andrés del Llano, Jesús María (2020), “Impacto de la COVID-19 en la mortalidad de la comunidad autónoma de Castilla y León”, *Gaceta Sanitaria*, 35 (5), Madrid, SESPAS (Sociedad Española de Salud Pública y Administración Sanitaria), doi: 10.1016/j.gaceta.2020.04.009

OMS (Organización Mundial de la Salud) (2020), “Definitions”, Génova, Organización Mundial de la Salud, <<https://acortar.link/H1Ds3M>>, 28 de noviembre de 2020.

OPS (Organización Panamericana de la Salud) (2020), “Mejorar la vigilancia de la mortalidad por COVID-19 en América Latina y el Caribe mediante la vigilancia de la mortalidad por todas las causas. Documento de orientación”, Washington, OPS (Organización Panamericana de la Salud), <<https://acortar.link/rJC71C>>, 1 de diciembre de 2020.

Palacio Mejía, Lina Sofía; Wheatley Fernández, Jorge Leonel; Ordoñez Hernández, Iliana; López Ridaura, Ruy; López-Gatell Ramírez, Hugo; Hernández Ávila, Mauricio; Hernández Ávila, Juan Eugenio y Grupo interinstitucional para la estimación del exceso de mortalidad (2021), “Estimación del exceso de mortalidad por todas las causas durante la pandemia del COVID-19 en México”, *Salud Pública*, 63 (2), Ciudad de México, INSP (Instituto Nacional de Salud Pública), pp. 211-224, <https://doi.org/10.21149/12225>

Rizzo, Caterina; Bella, Antonino; Viboud, Cécile; Simonsen, Lone; Miller, Mark A.; Rota, Maria Cristina; Salmaso, Stefania y degli Atti, Marta Luisa (2007), “Trends for Influenza-related Deaths during Pandemic and Epidemic Seasons, Italy, 1969–2001”, *Emerging Infectious Diseases* 13 (5), Atlanta, Department of Health & Human Services, pp. 694-699, doi: 10.3201/eid1305.061309

Romero Zavala, Mario y Despeghel, Laurianne (2020), “El exceso de mortalidad: un comparativo internacional”, *Nexos*, 11 de agosto, Ciudad de México, Nexos, Taller de datos, <<https://acortar.link/IDORx1>>, 6 de noviembre de 2020.

- Romero Zavala, Mario y Despeghel, Laurianne (2021), “¿Qué nos dicen las actas de defunción de la CDMX?: actualización al 31 de enero de 2021”, *Nexos*, 22 de febrero, Ciudad de México, Nexos, Taller de datos, <<https://acortar.link/T7S6yb>>, 23 de febrero de 2021.
- SS (Secretaría de Salud) (2022a), “Bases de datos de las defunciones generales, 2015-2018”, Ciudad de México, Gobierno de México, <<https://cutt.ly/2ShXYXQ>>, 17 de marzo de 2022.
- SS (Secretaría de Salud) (2022b), “Exceso de mortalidad en México, Datos abiertos”, Ciudad de México, Gobierno de México, <<https://cutt.ly/gShVEps>>, 17 de marzo 2022.
- The Economist (2020), “Tracking covid-19 excess deaths across countries”, *The Economist*, 14 de octubre, Londres, The Economist Group, <<https://acortar.link/KS50cA>>, 4 de noviembre de 2020.
- Wang, Haidong (2021), “Estimation of excess mortality due to COVID-19”, Seattle, IHME (Institute for Health Metrics and Evaluation) y Universidad de Washington, 15 de octubre, <<https://acortar.link/xoKmcG>>, 13 de mayo de 2021.
- Weinberger, Daniel M.; Chen, Jenny; Cohen, Ted; Crawford, Forrest; Mostashari, Farzad; Olson, Don; Pitzer, Virginia; Reich, Nicolas; Russi, Marcus; Simonsen, Lone; Watkins, Anne y Viboud, Cecile (2020), “Estimation of Excess Deaths Associated with the COVID-19 Pandemic in the United States, March to May 2020”, *JAMA Internal Medicine*, 180 (10), Chicago, American Medical Association, pp. 1336-1344, doi: 10.1001/jamainternmed.2020.3391
- Wu, Jin; McCann, Allison; Katz, Josh; Peltier, Elian y Deep Singh, Karan (2020), “87,000 Missing Deaths: Tracking the True Toll of the Coronavirus Outbreak”, 21 de abril, Nueva York, The New York Times, Mundo, <<https://acortar.link/GbbMlx>>, 30 de noviembre de 2020.

Recibido: 13 de diciembre de 2020.

Reenviado: 2 de agosto de 2021.

Aceptado: 17 de septiembre de 2021.

Noé Aarón Fuentes Flores. Doctor en Economía por la Universidad de California, Irvine. Profesor-Investigador de El Colegio de la Frontera Norte (El COLEF) y director del departamento de Estudios Económicos de la misma institución. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel III. Ha recibido varios premios y reconocimientos, entre los que destacan: el premio “Reconocimiento a la Trayectoria, Generación 2010” (Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), 2010), Premio “Maestro Jesús Silva-Herzog,” (Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2006). Sus líneas de investigación son: modelos regionales, desarrollo regional, econometría y modelos de Insumo-Producto. Entre sus más recientes publicaciones se encuentra como coautor: “Value Added in Exports Under NAFTA: A Binational Input–Output Model”, en Adrián de León-Arias y Patricio Aroca (eds.), *NAFTA’s Impact on Mexico’s Regional Development. New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives*, vol. 51, Singapore, Springer, pp. 115-132 (2021); “Análisis del patrón espacio-temporal de transmisión del COVID-19 por municipios de Baja California”, *Estudios Fronterizos*, 22, e071, Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California, (2021); y “Reformas estructurales de primera generación en México: efectos sobre los patrones de pobreza”, en Alejandro Díaz-Bautista y Eliseo Díaz González (coords.), *Balance económico de México y renegociación del Tratado de Libre Comercio*, Ciudad de México, Colección Conocimiento, pp. 159-181 (2021).

Gabriel González König. Licenciado en Actuaría por la Universidad Anáhuac del Sur, Doctor en Economía por Georgetown University. Ha sido profesor titular en El Colegio de la Frontera Norte y la Universidad de Guanajuato, y profesor visitante en los departamentos de Economía de la University of California (UCSD), San Diego, y American University, Washington, DC. Es consultor independiente y sus temas de investigación son: economía laboral y regional. Entre sus publicaciones recientes como coautor se encuentran: “Value Added in Exports Under NAFTA: A Binational Input–Output Model”, en Adrián de León-Arias y Patricio Aroca (eds.), *NAFTA’s Impact on Mexico’s Regional Development. New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives*, vol. 51, Singapore, Springer, pp. 115-132 (2021); “Reformas estructurales de primera generación en México: efectos sobre los patrones de pobreza”, en Alejandro Díaz-Bautista y Eliseo Díaz González (coords.), *Balance económico de México y renegociación del Tratado de Libre Comercio*, Ciudad de México, Colección Conocimiento, pp. 159-181 (2021); y “Valor agregado en el valor bruto de las exportaciones: una mejor métrica para comprender los flujos comerciales entre Estados Unidos y México”, *Fronteras Norte*, 32, Tijuana, El Colegio de la Frontera Norte, A. C. (2020).

Alejandro Brugués Rodríguez. Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma de Baja California, es Profesor-Investigador en el Departamento de Estudios Económicos en El Colegio de la Frontera Norte. Actualmente, es director de la Dirección Regional Noroeste de El Colegio de la Frontera Norte en Ciudad Juárez, Chihuahua. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II. Sus líneas de investigación actual son: Economía Regional, Desarrollo Económico, Economía Urbana. Entre sus más recientes publicaciones se encuentra como coautor: son: “Reformas estructurales de primera generación en México: efectos sobre los patrones de pobreza”, en Alejandro Díaz-Bautista y Eliseo Díaz González (coords.), *Balace económico de México y renegociación del Tratado de Libre Comercio*, Ciudad de México, Colección Conocimiento, pp. 159-181 (2021); “El impacto económico en la industria maquiladora y en la región fronteriza del norte de México debido al alza de 100% del salario mínimo”, *Revista Región y Sociedad*, 32, e1230, Hermosillo, El Colegio de Sonora, (2020); y “El valor agregado en las exportaciones bajo el Tratado de Libre Comercio de América del Norte: Un enfoque insumo producto binacional”, en Adrián de León Arias (coord.), *El desarrollo económico regional en México: Tratado de Libre Comercio de América del Norte, exportaciones, modelos de innovación, multinacionales e inversión pública*, Zapopan, Universidad de Guadalajara, pp. 104-122 (2019).

Alejandra Ramírez Cervantes. Estudiante, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, Baja California.