

DOI: <https://doi.org/>

Impacto del SARS-CoV-2 en la actividad económica de México 2020-2022: un análisis de regresión gamma

Impact of SARS-CoV-2 on the economic activity of México 2020-2022: a gamma regression analysis

Juan Bacilio Guerrero Escamilla

probymate@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0971-7564>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo México

Zitlaly Mercela López Sánchez

zitlalpzs@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-1937-9065>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
México

Artículo recibido: 15 de febrero de 2025. Aceptado para publicación: día mes 2025.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen


A partir de la declaratoria de emergencia sanitaria por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el virus del SARS-CoV-2 se consideró un problema público, con efectos en la salud y la economía, en México la presencia de la crisis sanitaria ocasionó una caída anual en el Producto Interno Bruto (PIB) del 18.8 por ciento durante el segundo trimestre del año 2020. El presente estudio aborda la relación entre la crisis sanitaria y la economía de México durante el periodo de 2020 a 2022. Se examina el comportamiento de variables clave como las defunciones, la vacunación y el Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE), mediante un modelo de regresión gamma se identifica la relación que existe entre las variables, demostrando que un incremento en las defunciones y el avance en la vacunación contribuyen a los cambios en la actividad económica del país.

Palabras clave: actividad económica, SARS CoV-2, investigación de operaciones, PIB, defunciones

Abstract

Since the declaration of a health emergency by the World Health Organization (WHO) in March 2020, the SARS-CoV-2 virus has been considered a public problem with implications for both health and the economy. In México, the presence of the health crisis led to an annual decline of 18.8 percent in the Gross Domestic Product (GDP) during the second quarter of 2020. This study examines the relationship between the health crisis and the economy of México from 2020 to 2022. Key variables such as deaths, vaccination and the Global Indicator of Economic Activity by its acronym in Spanish IGAE, are analyzed. Through a gamma regression model, the relationship between these variables is identified, demonstrating that an increase in deaths and progress in vaccination contribute to changes in Mexican economic activity

Keywords: economic activity, SARS CoV-2, operations research, GDP, deaths

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar:

LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades 6 (1), 2734 – 2748.
<https://doi.org/>

INTRODUCCIÓN

A finales de 2019, el surgimiento de una enfermedad de causas desconocidas sorprendió a todo el mundo, paralizando la vida social y económica de todas las naciones. Esta enfermedad se caracteriza por síntomas como fiebre, tos, disnea, fatiga, dolor de garganta, diarrea y severas afectaciones al sistema respiratorio; de acuerdo con Huang, et al (2020) derivado de un análisis de secuenciación profunda del tracto respiratorio, imágenes de tórax y pruebas de patógenos bacterianos y virales se diagnosticó un nuevo tipo de coronavirus de causas desconocidas, cuyos primeros casos fueron detectados en la ciudad de Wuhan, en la provincia de Hubei, China. El virus se caracterizó por su alta capacidad de transmisión de persona a persona y por causar problemas respiratorios graves, a medida que los contagios avanzaban y la ocupación hospitalaria aumentaba, se contó con información necesaria para establecer un cuadro clínico característico y principales factores de riesgo, de tal modo que con el progreso de las investigaciones y la disponibilidad de información, a este nuevo agente se le denominó Síndrome Respiratorio Agudo Severo tipo 2, por sus siglas en inglés SARS-CoV-2 (Suarez, et al, 2020).

El SARS-CoV-2 afecta principalmente a adultos mayores y pacientes asociados a un tipo de comorbilidad crónica como la diabetes, hipertensión, cáncer, entre otras, lo que puede generar complicaciones en el sistema inmunológico y desencadenar edema pulmonar, choque séptico, insuficiencia orgánica e incluso la muerte. La enfermedad se clasifica como altamente contagiosa con periodos de incubación variable, que de acuerdo con Díaz-Castrillón y Toro-Montoya (2020) un individuo es capaz de transmitir el virus a dos o tres personas, con un tiempo de contagiosidad de uno a dos días antes del inicio de síntomas. A medida que los casos se multiplicaban y las hospitalizaciones aumentaban y como respuesta a los más de 118 mil casos activos en 114 países y un total de 4 mil 291 defunciones, el 11 de marzo de 2020, en la rueda de prensa del Director General de la Organización Mundial de la Salud (OMS) nombró al brote de la enfermedad a causa del SARS-CoV-2 como una pandemia a nivel mundial, aclarando que dicha emergencia de salud pública afectaría a todos los sectores de una manera desigual, pues no todos los países cuentan con las mismas condiciones, algunos están faltos de capacidad, otros de recursos y unos más de determinación (OMS, 2020). Esto condujo a la implementación de medidas de control en todo el mundo para combatir la pandemia, incluyendo el distanciamiento social, el uso de mascarillas, el cierre de fronteras y restricciones en la movilidad.

En México, el primer caso confirmado de SARS-CoV-2 por la Secretaría de Salud (SSA) se registró el 27 de febrero de 2020 (SSA, 2020b), y la primera muerte relacionada con el virus el 18 de marzo del mismo año, tan solo 20 días después del primer caso (SSA, 2020a). Esta situación llevó a la implementación de medidas de control para contener la propagación del virus, se suspendieron las actividades económicas no esenciales, se restringieron las aglomeraciones masivas y se invitó a toda la población a permanecer en sus domicilios (Suarez, et. al, 2020).

El impacto de la pandemia ha sido significativo en las diversas naciones, además de los aspectos relacionados con la salud, han existido consecuencias económicas y sociales. Las restricciones implementadas afectaron negativamente a diversos sectores económicos, principalmente a las empresas, que sin importar su tamaño juegan un papel importante en la actividad económica de cualquier país (Andrade, 2021) ocasionando incrementos en el desempleo y la pobreza, además de las afectaciones causadas en el turismo, el comercio y el sistema de salud ante el aumento de la demanda de atención médica. Las economías han reaccionado de manera diversa con múltiples estrategias y políticas que responden a diferentes hegemonías y los resultados no responden con los mismos patrones, si bien, la infección epidemiológica, fue nombrada pandemia mundial por su grado de infecciosidad y letalidad, también es nombrada crisis mundial debido al hundimiento generalizado de la actividad económica.

En este contexto, el objetivo principal de este estudio es establecer la relación existente entre la crisis sanitaria y económica generadas por el virus del SARS-CoV-2 en México durante el periodo de 2020 a 2022, para ello se analiza el comportamiento de las defunciones y la vacunación relacionadas con el virus en la actividad económica. La hipótesis planteada sugiere la existencia de una relación significativa entre las defunciones, la vacunación implementada por el gobierno durante la pandemia y la actividad económica del país.

Para comprobar la hipótesis se aplican las cinco etapas de la investigación de operaciones, a través de un modelo de regresión gamma se obtiene una visión clara sobre cómo las defunciones a causa del virus del SARS-CoV-2 afectó la actividad económica del país, además de evaluar el impacto de la vacunación como medida de control por parte del gobierno.

Planteamiento del problema

El surgimiento de la pandemia sorprendió al mundo, paralizando la vida social y económica de la población, su impacto permeó fuera del ámbito de la salud afectando las tasas de crecimiento a nivel mundial. En los primeros meses de su aparición las recomendaciones por parte de los epidemiólogos y expertos encargados de contener el virus estaban enfocadas a la restricción de la movilidad, generando aislamiento de hogares y la suspensión de algunas actividades. Estas medidas ocasionaron una drástica contracción en la economía mundial, provocando fuertes distorsiones en la oferta y la demanda de los productos, afectando el equilibrio de los distintos mercados. El World Bank (2020) en su informe de Perspectivas Económicas Mundiales 2020 estimó que la economía mundial presentaría una caída de 5.2 por ciento para ese año, mientras las economías avanzadas se reducirían en un 7.0 por ciento, los mercados emergentes y las economías en desarrollo en un 2.5 por ciento, además derivado de la disminución de los ingresos y las presiones en el sector salud se esperaba un incremento a nivel mundial de las personas en pobreza extrema. Sin embargo, al interior de las naciones, la desigualdad provocó que dichas perturbaciones se acentúan en algunas regiones, debido a que las afectaciones tuvieron una mayor profundidad en los países que dependen del comercio internacional, el turismo y las exportaciones de productos básicos.

La desigualdad de las naciones jugó un papel importante en los estragos de la pandemia dentro de la economía, de acuerdo con las cifras oficiales se reportó una caída generalizada de la economía mundial de 3.2 por ciento para 2020, es decir, 2.0 puntos porcentuales por debajo de lo previsto en el mes de junio, para las economías avanzadas la contracción fue de 4.3 por ciento y para las economías emergentes de 1.5 por ciento (World Bank, 2023). Las medidas de control y los recurrentes brotes en el primer año de la pandemia pusieron en dificultades a los encargados de las políticas públicas, pues fueron necesarias medidas sanitarias drásticas con la finalidad de salvaguardar la calidad de vida, fortaleciendo los sistemas públicos de salud, la cooperación internacional, combatiendo la informalidad y las carencias de seguridad social.

Para Busso (2002) la dinámica demográfica tiene gran importancia en la política económica, debido a que influye dentro del debate del desarrollo, por medio de procesos como los cambios en la estructura familiar, la transición epidemiológica, la transición demográfica y la transición urbana.

El reto importante en el panorama económico global para 2021 fue el acceso a las vacunas, ya que el proceso de vacunación fue clave para la restauración de la movilidad, dicho avance permitió un repunte en el PIB mundial de 5.9 por ciento, 5.3 por ciento para las economías avanzadas y 6.7 por ciento para los mercados emergentes (World Bank, 2023). No obstante, los riesgos no controlados, la aparición de nuevas cepas, los problemas en las cadenas de suministros, el acceso a las vacunas, las mutaciones del virus, el desgaste de los sistemas de salud, entre otros, llevaron a una prolongación inminente de la pandemia además de una creciente pérdida del poder adquisitivo.

Durante el segundo año de la crisis las políticas públicas se encaminaron a la promoción del crecimiento sostenido y el fortalecimiento del mercado interno, a fin de minimizar los efectos de la crisis, y así para 2022 el crecimiento económico a nivel mundial fue del 3.0 por ciento (World Bank, 2024). No obstante, las altas tasas de inflación en todo el mundo ocasionaron una lenta recuperación, para el 2023 se estima que el crecimiento esperado de la economía mundial sea de 2.6 por ciento (World Bank, 2024), 0.4 puntos inferior a 2022, con ello, las expectativas sugieren que la economía mundial está cayendo en un proceso de desaceleración económica.

En México el 31 de marzo de 2020, con más de mil casos registrados, 2,752 sospechosos y 28 defunciones, el Consejo de Salubridad General reconoce como emergencia sanitaria por causas de fuerza mayor a la epidemia generada por el virus del SARS-CoV-2 (SSA, 2020e). Con ello, en el Diario Oficial de la Nación se publicó un acuerdo sobre las medidas extraordinarias en todo el territorio, destacando la suspensión inmediata de todas las actividades no esenciales, clasificando como actividades esenciales las siguientes (SSA, 2020d):

- Actividades relacionadas con la atención de la crisis sanitaria.
- Actividades de defensa, seguridad y soberanía.
- Actividades para el cumplimiento de programas sociales.
- Actividades de infraestructura y acceso a los servicios públicos.
- Actividades económicas como los servicios financieros, impuestos, transporte, telecomunicaciones, alimentos, limpieza, química, agua y energéticos.

La necesidad de tomar medidas de confinamiento fue fundamental para la contención del virus, pero los cierres temporales de las actividades perjudican el comportamiento de la actividad social y económica del país, generando el desplome de las tasas de crecimiento. Esto se reflejó con la caída del Producto Interno Bruto (PIB) que de acuerdo con la estimación oportuna del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el segundo trimestre del 2020 y con cifras desestacionalizadas, el PIB se contrajo en 18.8 por ciento anual, lo que responde a los primeros casos positivos de SARS-CoV-2 y las medidas de restricción de las actividades no esenciales.

Las variables demográficas y el crecimiento económico son factores fundamentales para el desarrollo y la economía, un ejemplo de ello, es la transición epidemiológica que tiene como objeto de estudio las repercusiones de la salud y la enfermedad, además de sus afectaciones en la población, el crecimiento económico y el desarrollo social (Robles, et al, 1996), por lo tanto, las defunciones son un indicador directo para medir los efectos del SARS-CoV-2 en la actividad económica.

La curva epidemiológica del país presentó cambios abruptos en su comportamiento, conocidas como olas de contagio, cada una con características distintas en términos de casos promedio, medidas de atención e incluso variantes del virus. La primera y segunda oleada por SARS-CoV-2 contaron con el menor número de casos promedio, sin embargo, la letalidad fue mayor y por lo tanto las medidas restrictivas fueron las más agresivas, para la tercera oleada el número de casos promedio fue 1.2 veces mayor a la anterior, no obstante, la tasa de letalidad tuvo una reacción contraria, disminuyendo en 5.4 puntos porcentuales respecto a la segunda oleada.

Tabla 1

Comportamiento de la letalidad en México por ola de contagio

Periodo	Inicio	Contagios promedio semanal	Defunciones promedio semanal	Letalidad
1era Oleada	jul-20	7,215	798	11.06
2da Oleada	ene-21	15,975	1,428	8.94

3era Oleada	ago-21	18,995	660	3.51
4ta Oleada	ene-22	62,207	555	0.91
5ta Oleada	jun-22	30,344	85	0.28

Fuente: Elaboración propia con información de la DGE.

Durante enero de 2022, con el surgimiento de la variante ómicron, los niveles de propagación alcanzaron niveles históricos con un promedio de casos de 62,207 contagios por semana, es decir, tres veces más contagios que en la oleada anterior, mientras tanto la letalidad continuaba disminuyendo. Para la quinta ola de contagios, el número promedio de casos fue de 30,344 y la tasa de letalidad fue aún menor (0.28).

Sí la potencia productiva de un país depende de su población económicamente activa, el crecimiento de la población debe de ser estimulado a través del control de la fecundidad y las tasas de mortalidad (Hauser & Duncan, 1975), por lo tanto, las defunciones que pueden generar un impacto en la carga económica y social.

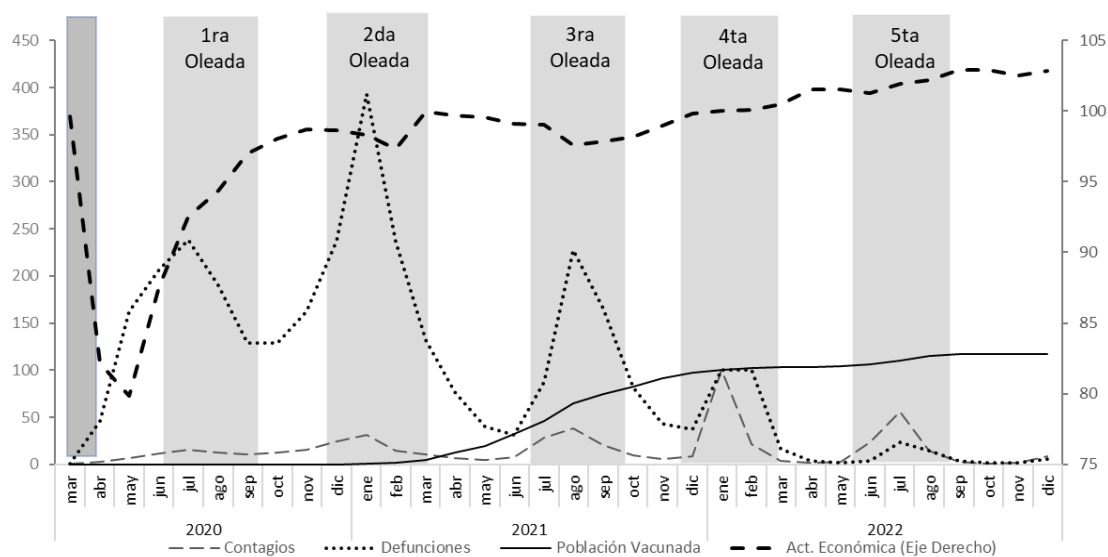
Un punto de inflexión importante durante la pandemia, fue el inicio de la vacunación, los esfuerzos por parte del gobierno para fortalecer las defensas de la población ante el virus del SARS-CoV-2, que de acuerdo con el comunicado de prensa 266 de la SSA comenzaron el 24 de diciembre de 2020 (SSA, 2020c). El programa de vacunación inició con los grupos vulnerables como el personal del sistema de salud y el grupo etario de adultos mayores de 60 años, continuando en bloques de edad de 50 a 59 años, 40 a 49 años, de 30 a 39 años, 18 a 29 años, de 15 a 18 años y finalmente con los niños menos de 15 años. Esta estrategia permitió una recuperación en la actividad económica debido a la apertura gradual de algunas actividades económicas y la implementación del semáforo epidemiológico. En cuanto a la actividad económica, a partir de los efectos en la vacunación, en el segundo trimestre de 2021 el PIB del país presentó una tasa de crecimiento anual del 19.6 por ciento, continuando con una racha de crecimiento en los últimos siete trimestres.

La vacunación masiva de la población puede disminuir la incidencia de casos graves y defunciones, lo que a su vez puede contribuir positivamente en la movilidad y la actividad económica. Anderson et al. (2020) afirma que la vacunación protege a la población vulnerable, reduce la carga hospitalaria y permite la reactivación de sectores económicos afectados por las restricciones. La disminución de la letalidad entre la primera y quinta ola de contagios, son consecuencia del avance de los modelos de vacunación, por ello analizar la población vacunada es un elemento clave dentro del comportamiento de la actividad económica durante la pandemia.

La actividad económica es un fenómeno complejo que responde a múltiples dimensiones de la realidad y está vinculado al aumento de los niveles de demanda que generan nuevas condiciones de bienestar social (Enríquez, 2016). Por ello, comprender la magnitud de los efectos de la crisis sanitaria requiere analizar múltiples aspectos, para comprender el comportamiento de la crisis sanitaria y su impacto en la actividad económica de México, en el gráfico 1 se observa el comportamiento del Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE), las defunciones, los casos positivos y la población vacunada a SARS-CoV-2 durante las cinco oleadas de contagio.

Gráfico 1

Comportamiento de la Actividad Económica y SARS-CoV-2 en México



Nota: Índice (enero 2022=100)¹

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y DGE.

El comportamiento de cada una de las oleadas de la pandemia revela una clara sensibilidad de la actividad económica ante un aumento en el número de defunciones, especialmente en la segunda y tercera oleada. En el inicio de los contagios, las defunciones mostraron niveles más altos, sin embargo, a medida que se intensificó el proceso de vacunación, se evidenció una disminución progresiva de las mismas. Por otro lado, la actividad económica experimentó una caída en respuesta a las restricciones impuestas con la aparición de los primeros casos. No obstante, con el control de las defunciones, se apreció la recuperación gradual de la actividad económica.

Si bien es cierto que la salud de la población y la capacidad de contener la propagación de la enfermedad tienen repercusiones en la actividad económica, existen otros elementos macroeconómicos y de política económica que influyen el PIB de un país, por lo tanto, es importante considerar estas limitaciones al analizar el comportamiento de la actividad económica, es decir, las defunciones y la vacunación son variables relevantes para comprender el impacto de la pandemia en la economía, sin embargo, para explicar el comportamiento del PIB del país es necesario considerar una amplia gama de factores y variables para tener una visión más completa.

METODOLOGÍA

Para la construcción del modelo se plantea la metodología de investigación de operaciones, la cual consiste en un proceso analítico y sistemático para la toma de decisiones, la cual consta de un proceso estructurado de cinco etapas (Izar, 1996):

¹ La actividad económica se graficó en un eje secundario para poder observar su comportamiento, debido a que la magnitud de las otras observaciones no permitía su apreciación.

Etapa 1 - Planteamiento del problema: consiste en identificar la situación a analizar y se establecen objetivos

Etapa 2 – Construcción del modelo: se representa de manera matemática el problema, incluyendo variables, restricciones y una función del mismo.

Etapa 3 – Solución del modelo: en esta etapa se calculan los parámetros de los distintos modelos para seleccionar el modelo de mejor ajuste de acuerdo a la información.

Etapa 4 – Validación del modelo: una vez seleccionado el modelo se realiza la validación del mismo, el cual consiste en cumplir con los supuestos de inferencia necesarios.

Etapa 5 – Interpretación de parámetros: una vez validado el modelo, se interpretan los resultados que permiten construir escenarios del fenómeno de estudio.

A partir del planteamiento del problema se obtiene lo siguiente:

$$Yc = f(X_D, X_V) \quad (1)$$

En su forma lineal:

$$\hat{Y}c = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_D + \hat{\beta}_2 X_V + e_i \quad (2)$$

Donde

Yc = Indicador Global de la Actividad Económica.

X_D = Defunciones causadas por el SARS-CoV-2.

X_V = Población Vacunada contra SARS-CoV-2.

$\hat{\beta}_i, i = 0,1,2$ son los parámetros a estimar.

e_i es el margen de error que no puede precisarse mediante la regresión.

Las fuentes de información utilizadas en esta investigación incluyen las siguientes:

Estadísticas de vacunación contra el coronavirus: se obtuvieron de Our World in Data, una plataforma que ofrece datos actualizados y confiables sobre la vacunación a nivel mundial. Las estadísticas para la región latinoamericana provienen de la de Pan American Health Organization (PAHO), lo que garantiza su precisión y calidad en la información.

Datos de defunciones por SARS-CoV-2: se utilizaron los datos abiertos de la Dirección General de Epidemiología (DGE), institución gubernamental encargada de monitorear y analizar la situación epidemiológica del país, con información pública y detallada sobre los casos y defunciones asociadas al virus.

Indicador Global de la Actividad Económica: el INEGI publica de manera mensual un indicador referente y confiable de la actividad económica en México, su actualización permite analizar la evolución de la economía en el corto plazo.

Sin embargo, debido al comportamiento de la distribución de los datos y siendo la actividad económica una variable continua, el modelo debe de ser ajustado a través de los Modelos Lineales Generalizado (MLG) ya que estos modelos permiten modelar variables de respuesta con una distribución diferente a la normal (López & Soler, 2011). Al ser la actividad económica una variable de naturaleza continua y positiva, el uso de una

transformación gamma permite capturar de una mejor manera los patrones y las variaciones de la información, ya que ocupan variables estrictamente no negativas, es decir, que tiene un rango de $(0, \infty)$ y donde los valores de la variable respuesta no son simétricos (Haro & Iranzo, 2022).

Construcción del modelo

De acuerdo con lo anterior, para la construcción del modelo, se utilizó una regresión gamma múltiple, teniendo la siguiente corrida:

Tabla 2

Corrida del modelo estadístico

Call: glm(formula = (Y) ~ log(XD + 1) + sqrt(XPV), family = Gamma(link = "sqrt"), data = data.frame(base))				
Deviance Residual				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.159248	-0.008450	.003688	00.018924	0.051018
Coefficients				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.055e+01	1.380e-01	76.487	< 2e-16 ***
log(XD + 1)	-3.995e-02	1.505e-02	-2.653	0.01216 *
sqrt(XPV)	3.089e-05	9.015e-06	3.426	0.00166**
(Dispersion parameter for Gamma family taken to be 0.001892952)				
Null deviance: 0.108937 on 35 degrees of freedom				
Residual deviance: 0.066627 on 33 degrees of freedom				
AIC: 220.71				
Number of Fisher Scoring iterations: 4				

Fuente: elaboración propia con RStudio.

Partiendo de la tabla 2, se obtiene la siguiente expresión algebraica:

$$\sqrt{E(Yc)} = 10.75 - 0.0595 \ln \ln (X_D + 1) + 0.0000917\sqrt{X_v} \quad (3)$$

espejando Yc

$$E(Yc) = [10.75 - 0.0595 \ln \ln (X_D + 1) + 0.0000917\sqrt{X_v}]^2 \quad (4)$$

Tal que:

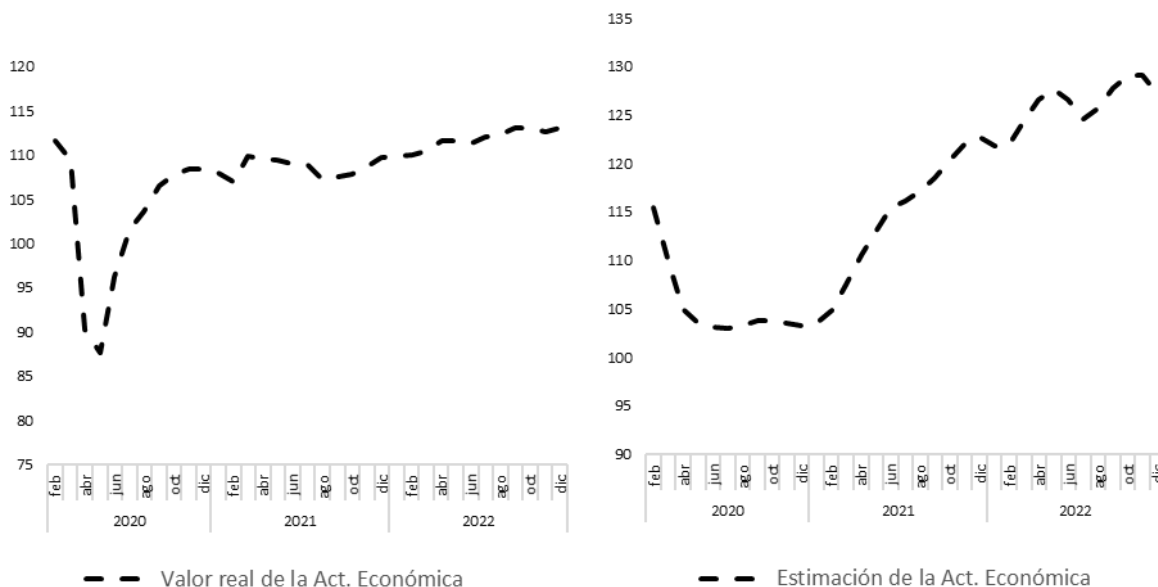
$$D^2 = 0.3180$$

Por tanto, con un nivel de confianza al 0.95 y un nivel de significancia del 0.05, la ecuación anterior presenta una devianza del 0.3180, es decir, conserva el 31.80 por ciento de la variabilidad de los datos, desde el contexto del fenómeno en estudio, el modelo explica en un 31.80 por ciento de lo que ocurre con la actividad económica de México, a partir de las defunciones y la vacunación por SARS-CoV-2.

Partiendo del dato de la devianza y de la anterior expresión algebraica, en la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento real de la economía mexicana durante el periodo de estudio y el resultado de los parámetros obtenidos al sustituir los valores reales de las defunciones y la vacunación en el modelo.

Gráfico 2

Comportamiento de la Actividad Económica en México



Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en el gráfico 2, tanto la actividad económica como el modelo ajustado con una devianza de 0.3180, siguen una tendencia similar durante el tiempo observado. Sin embargo, es importante destacar que la estimación del modelo únicamente explica la relación de la economía con la vacunación y las defunciones por SARS-CoV-2, para obtener una comprensión completa del fenómeno es necesario incluir un mayor número de variables explicativas que influyen en la actividad económica y no dependen estrictamente del SARS-CoV-2.

Validación del modelo

Para la aplicación de funcionamiento del modelo, es fundamental que este cumpla con los siguientes supuestos (McCullagh & Nelder, 1989):

Los residuales de la devianza (u_i) deben aproximar a una ji – cuadrada ($U_i \sim X^2$).

No debe existir colinealidad entre las variables independiente ($cor(X_i, X_j) \sim 0$).

Con base en los siguientes supuestos se tiene que:

Tabla 3

Cumplimiento de los supuestos

Supuesto	Prueba de hipótesis	Resultado
$U_i \sim X^2$	<p>$H_0: U_i \sim X^2$ vs. $H_a: U_i \neq X^2$</p> <p>Si el P – valor es mayor a 0.05, se acepta H_0, por tanto, se rechaza H_a. $1-pchisq(0.1089,33) = 1.000$ Partiendo del resultado anterior, el P – valor es mayor a 0.05, por tanto, los residuales se aproximan a ji – cuadrada.</p>	Cumple

$cor(X_i, X_j) \sim 0$	<p style="text-align: center;">$H_0: cor(X_i, X_j) \sim 0$ vs. $H_a: cor(X_i, X_j) \neq 0$</p> <p>Si el vif es mayor a 5 unidades, existe multicolinealidad entre las variables independientes. $\log(XD + 1)$ \sqrt{XPV} 28.20243 27.8064</p> <p>Como se puede apreciar, existe multicolinealidad entre las variables independiente, esto se debe a que las defunciones (XD) y la población vacunada son un complemento.</p>	No cumple
------------------------	---	-----------

Fuente: elaboración propia.

Interpretación de parámetros

Si XD y XV permanecen constantes ($XD = XV = 0$), el valor esperado de la actividad económica es 115.56.

$$(Y_c) = [10.75 - 0.0595 \ln \ln (0 + 1) + 0.0000917\sqrt{0}]^2 = 115.56 \quad (5)$$

Si $XD = 1$ y $XV = 0$, el valor esperado de la actividad económica, a partir de las defunciones es de 114.67, teniendo como efecto un decremento de 0.89 en la economía.

$$(Y_{c,XD}) = [10.75 - 0.0595 \ln \ln (1 + 1) + 0.0000917\sqrt{0}]^2 = 114.67$$

$$\nabla(Y_c) = Y_{c,XD} - Y_c = 114.67 - 115.56 = -0.89 \quad (6)$$

Si $XD = 0$ y $XV = 1'000,000$, el valor esperado de la actividad económica, a partir de cada millón de personas vacunadas es de 117.54, teniendo como efecto un incremento de 1.98 en la economía mexicana.

$$(Y_{c,XV}) = [10.75 - 0.0595 \ln \ln (0 + 1) + 0.0000917\sqrt{1000000}]^2 = 117.54$$

$$\Delta(Y_c) = Y_{c,XV} - Y_c = 117.54 - 115.56 = 1.98 \quad (7)$$

De acuerdo con los parámetros, el coeficiente de X_D presenta una relación negativa entre las defunciones por SARS-CoV-2 y la actividad económica. La interpretación de este coeficiente sugiere que, un incremento en las defunciones tiene un impacto negativo en la economía. Mientras que el coeficiente de X_V , muestra una relación positiva entre las personas vacunadas y la actividad económica, sin embargo, el coeficiente es menor en comparación al impacto de las defunciones, por lo tanto, únicamente una gran cantidad de personas vacunadas puede disminuir la propagación del virus e inferir en el crecimiento de la economía.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que el surgimiento del SARS-CoV-2 en México ha tenido un impacto en la actividad económica del país. Los hallazgos demuestran la relación entre las defunciones, la vacunación y el índice global de la actividad económica durante el periodo de 2020 a 2022. Estos aciertos sugieren que las medidas de control implementadas durante la pandemia por el gobierno federal, como el cierre de actividades y la campaña de vacunación, han influido en la actividad económica de manera notable.

El modelo utilizado reveló que el 31.8 por ciento de la variabilidad en los datos puede ser explicada por las defunciones y el proceso de vacunación, lo que indica que estas variables son factores claves para

comprender las fluctuaciones de la actividad económica relacionadas con el SARS-CoV-2. Concluyendo que un incremento en el en las defunciones por el virus se asocia con una disminución de actividad económica, mientras que un aumento en la vacunación tuvo un efecto positivo, en menor medida, por lo que se requiere vacunar a un número significativo de personas para poder incidir en la actividad económica.

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la gestión de la crisis y el comportamiento de la actividad económica, Al comprender las relaciones de las variables estudiadas es posible diseñar estrategias efectivas para enfrentar una crisis sanitaria y minimizar su impacto en la actividad económica. Esto resalta la importancia de considerar factores asociados a un problema de salud pública en los efectos de la economía.

REFERENCIAS

- Anderson, R. M., Vegvari, C., Truscott, J. & Collyer, B. S. (2020). Challenges in creating herd immunity to SARS-CoV-2 infection by mass vaccination. *The Lancet*, 396(10263), 1614-1616. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32318-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32318-7).
- Andrade, R. L. A. (2021). Asimetría de información, obstáculo para el apoyo gubernamental durante la COVID-19 en México. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 30(60), 141-165. <https://doi.org/10.20983/noesis.2021.2.8>.
- Busso, G. (2002). Vulnerabilidad sociodemográfica en Nicaragua: un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza. (Serie Población y Desarrollo 29). Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE)-División de Población de la CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7167/S028572_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Díaz-Castrillón, F. J. & Toro-Montoya, A. I. (2020). SARS-CoV-2/COVID-19: el virus, la enfermedad y la pandemia. Editora Médica Colombiana, 24(3), 183-205. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/05/1096519/covid-19.pdf>.
- Enríquez, P. I. (2016). Las teorías del crecimiento económico: notas críticas para incursionar en el debate inconcluso. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, (25), 73-125. http://www.scielo.org.bo/pdf/rlde/n25/n25_a04.pdf
- Haro, G. J. & Iranzo A. J. L. (2022). Modelos de probabilidad e inferencia estadística. Ediciones Pirámide.
- Hauser, P. M., & Duncan, O. D. (1975). El estudio de la población. (J. Hechen, trad.) Centro Latinoamericano de Demografía.
- Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., ... Cao, B. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet* 395(10223), 497-506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). Indicador global de la actividad económica. base 2013. <https://www.inegi.org.mx/temas/igae/#Tabulados>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). Producto Interno Bruto (PIB) – trimestral. base 2013. <https://www.inegi.org.mx/programas/pib/2013/>
- Izar, L. J. M. (1996). Investigación de operaciones. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- López, G. E. & Soler, R. M. (2011). Análisis de datos con el Modelo Lineal Generalizado. Una aplicación con R. *Revista Española de Pedagogía*, 69(248), 59-80. <https://www.revistadepedagogia.org/rep/vol69/iss248/5>
- McCullagh, P. & Nelder, J. A. (1989). *Generalized Linear Models*. Chapman and Hall.
- Organización Mundial de la Salud. (2020, 11 de marzo). Alocución de apertura del Director General de la OMS en la rueda de prensa sobre la COVID-19 celebrada el 11 de marzo de 2020. <https://www.who.int/es/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---20-march-2020>.

Our World in Data. (2022). Coronavirus (COVID-19) Vaccinations. <https://ourworldindata.org/covid-vaccinations?country=MEX#citation>

Robles, G. E., Bernabeu-Mester, J. & Benavides, F. G. (1996). La transición sanitaria: una revisión conceptual. *Asociación de Demografía Histórica*, 14(1), 117-144. <http://hdl.handle.net/10045/20273>

Secretaría de Salud [@SSalud_mx]. (2020, 18 de marzo). Hoy en México falleció la primera persona con #COVID19. Inició sus síntomas el 9 de marzo y padecía diabetes. [tiut]. Twitter. https://x.com/SSalud_mx/status/1240499937433006081?t=Elfxb5HKL_RivPvqnA9i_g&s=19.

Secretaría de Salud. (2020, 28 de febrero). 077. Se confirma en México caso importado de coronavirus COVID- 19. [comunicado de prensa] <https://www.gob.mx/salud/prensa/077-se-confirma-en-mexico-caso-importado-de-coronavirus-covid-19>.

Secretaría de Salud. (2020, 24 de diciembre). 266. Arranca vacunación contra COVID-19 en México. [comunicado de prensa] <https://www.gob.mx/salud/prensa/266-arranca-vacunacion-contra-covid-19-en-mexico?idiom=es>

Secretaría de Salud. (2020, 31 de marzo). Acuerdo por el que se establecen acciones extraordinarias para atender la emergencia sanitaria generada por el virus SARS-CoV2. *Diario Oficial de la Federación* (36). https://www.dof.gob.mx/index_111.php?year=2020&month=03&day=31#gsc.tab=0

Secretaría de Salud. (2020, 31 de marzo). Consejo de Salubridad General declara emergencia sanitaria nacional a epidemia por coronavirus (COVID-19). [comunicado de prensa] <https://www.gob.mx/salud/prensa/consejo-de-salubridad-general-declara-emergencia-sanitaria-nacional-a-epidemia-por-coronavirus-covid-19-239301>


Secretaría de Salud. (2022). Datos Abiertos Bases Históricas, Dirección General de Epidemiología. Base de Datos Históricas <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-bases-historicas-direccion-general-de-epidemiologia>

Suarez, V., Suarez, Q. M., Oros, R. S. & Rondillo, D. J. E. (2020). Epidemiología de COVID-19 en México: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020. *Revista Clínica Española*, 220(8), 463-471. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.05.007>

World Bank. (2020). *Global economic prospects, june 2020*. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/33748>

World Bank. (2023). *Global economic prospects, june 2023*. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/39846>.

World Bank. (2024). *Global economic prospects, june 2024*. Washington, DC: World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/41536>.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .