

# Impacto del COVID-19 por marginación y rezago social en el estado de Puebla, México

## Impact of COVID-19 due to marginalization and social backwardness in Puebla State, Mexico

Gustavo Ramírez Valverde

Benito Ramírez Valverde

Correspondencia: gramirez@colpos.mx

Profesor-Investigador Titular. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Investigador I del Sistema Nacional de Investigadores. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3466-991X>

Autor de correspondencia: bramirez@colpos.mx

Profesor-Investigador Titular. Investigador II del Sistema Nacional de Investigadores. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2482-5667>

**Fecha de recepción:**

14-octubre-2021

**Fecha de aceptación:**

26-agosto-2022

### Resumen

El objetivo de este artículo es estudiar la relación del grado de marginación y de rezago social con la incidencia acumulada, letalidad y mortalidad del COVID-19 en los municipios del estado de Puebla, México. Para el análisis estadístico se utilizaron Modelos Mixto de Regresión Binomial Negativo y Mixto de Regresión Logística. Los resultados muestran que, en los municipios con mayor marginación o mayor rezago social, se presenta menor incidencia de contagios y menor número de defunciones por COVID-19; sin embargo, respecto a letalidad se encontró que mayor marginación o mayor rezago social del municipio mayor susceptibilidad de que una persona contagiada termine en muerte. Se recomienda que las políticas de salud pública sean dirigidas prioritariamente a los grupos más susceptibles dentro de los municipios más habitados (municipios de baja marginación y bajo rezago social), y también se atiendan los municipios más susceptibles a ser dañados por la pandemia, esto es, en los municipios de alta y muy alta marginación y rezago social.

**Palabras clave:** municipios, pobreza, desigualdad, salud, políticas públicas.

### Abstract

The objective is to study the relationship of the degree of marginality and social backwardness with the accumulated incidence lethality and mortality of COVID-19 in the municipalities of Puebla, Mexico. For the statistical analysis, Mixed Models of Negative Binomial Regression and Mixed Logistic Regression were used. The results show that in the municipalities with greater marginality or greater social lag, there is a lower incidence of infections and fewer deaths from COVID-19, however, with respect to lethality it was found that the greater the marginality or the social lag of the municipality there was a greater susceptibility that an infected person die. It is recommended that public health policies should be considered as a priority towards the most susceptible groups within the most inhabited municipalities (municipalities with low marginality and low social backwardness) and that the municipalities most susceptible to being damaged by the pandemic should be also addressed, that is, in municipalities with high and very high marginality and social backwardness.

**Key words:** municipalities, poverty, inequality, health, public policies.

## Introducción

En el año 2019 surgió en China una nueva enfermedad conocida como COVID-19, que muy pronto se extendió a nivel mundial y se volvió una pandemia que impactó en la salud, la sociedad y la economía del mundo. La humanidad no estaba preparada para enfrentar la nueva enfermedad y cada país combatió al COVID-19 con diferentes resultados. En México, se presentó a inicios de 2020 y por las condiciones de pobreza, marginación y rezago social hay grandes dificultades para enfrentar la pandemia.

La pobreza en México es un problema de gran magnitud. De acuerdo con los datos oficiales, para el año 2018, el porcentaje de pobres en el país ascendió al 41.9% de la población (52.4 millones) y el 7.4% en pobreza extrema (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, CONEVAL, 2021a). En la última evaluación de la pobreza en México, ya en plena pandemia, se encontró que para el 2020 la pobreza en el país se incrementó en dos puntos porcentuales, por lo que la población en pobreza alcanzó el 43.9%, que corresponde a 55.7 millones de personas; de igual forma, la pobreza extrema alcanzó la cifra de 8.5% de la población (CONEVAL, 2021b). El factor más importante en el aumento de la pobreza es atribuible al efecto de la pandemia. Esta situación, presente en gran parte de los países del mundo en donde la pandemia impacta negativamente en la economía, afectó millones de personas. La marginación valora la intensidad de la exclusión de la población y para medirla se desarrolla el Índice de Marginación, el cual se compone de cuatro dimensiones socioeconómicas: educación; vivienda; distribución de la población; y los ingresos monetarios (Téllez et al., 2016).

Para el año 2015, a partir de este índice, se agruparon los 2,457 municipios del país en cinco categorías de acuerdo al Grado de Marginación: a) Muy bajo, contempla 345 municipios y agrupa la mayor parte de la población (59.44%); b) Bajo, con 498 municipios y 16.60% de la población; c) medio, agrupa 514 municipios y el 10.24% de la población; d) alto, incluye 817 municipios y 10.19% de los habitantes; y por último e) los municipios con un grado de marginación Muy alto, donde se encuentran 233 municipios y solamente el 3.51% de los habitantes del país (Téllez et al., 2016). Esta información muestra las diferencias en la concentración de la población y se puede observar que en el grado de marginación Muy bajo es donde se ubica la mayor parte de la población y contempla generalmente a las grandes ciudades.

De acuerdo con el CONEVAL (2021c), el Índice de Rezago Social se integra por variables de educación, acceso a los servicios de salud, servicios acceso a los servicios básicos, de calidad y espacio en la vivienda y activos en el hogar, para hacer una clasificación de acuerdo a carencias sociales. Con base en este índice, se construye el Grado de Rezago Social dividido en cinco estratos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. De las entidades de la República, cuatro se encuentran ubicadas como muy bajo, 13 estados se consideran bajo, cinco son medio, seis estados son situados como de alta y finalmente cuatro estados en el país se clasifican como muy alto rezago social.

La presencia de la pandemia ha dejado huella en el país, y en el aspecto salud el impacto ha sido tremendo. De acuerdo con datos oficiales (fecha de corte al 9 de agosto de 2021) (Gobierno de México, 2021) se tienen 3,178,075 estimados de casos positivos y 257,236 defunciones estimadas. Lo terrible la situación es que a pesar de medidas restrictivas impuestas y del número de vacunas que se han realizado en el país, la enfermedad sigue golpeando fuertemente la población. En el aspecto económico, como consecuencia del COVID-19, se incrementó la tasa de desocupación, alcanzando un 5.2% para el tercer trimestre de 2020; aumentó también la informalidad y hubo una disminución drástica de empleo, que tan solo de enero a septiembre se cuantificó en 788,205 empleos perdidos, registrados en el Instituto Mexicano del Seguro Social (CONEVAL, 2020a). El mismo CONEVAL menciona que el crecimiento de la pobreza como consecuencia del virus se estima entre 7.2%-7.9%, que corresponde a entre 8.9-9.8 millones de mexicanos que se incorporarían a la pobreza. Por su parte, Nájera y Huffman (2021) estiman que, como consecuencia de la pandemia, la pobreza extrema se incrementara entre 5% y 8 %, lo que se traduce entre 6 y 10 millones de personas en esta condición.

Las medidas tomadas para combatir la pandemia afectan a la población, pero en ciertos sectores se enfrentan a la disyuntiva de infección por el COVID-19 o pasar hambre (Martínez, González y Garrido, 2020). Se han realizado grandes esfuerzos para el combate de la enfermedad, sin embargo, las acciones realizadas por el gobierno no son suficientes para cubrir las necesidades de la población y mitigar los efectos de la pandemia (Martínez, González y Garrido, 2020).

Para conocer cómo afecta la pandemia a la población en tres dimensiones (demográfica, de salud y socioeconómica), Suárez et al. (2020) elaboraron un Índice de Vulnerabilidad ante el COVID-19 para los 2457 municipios del país y este índice quedó definido en cuatro

grados de vulnerabilidad: Medio; Alto; Muy alto; y Crítico. Uno de los indicadores utilizados para construir el Índice de Vulnerabilidad fue utilizar el Índice de Marginación y encontraron que existe una relación directa entre estos dos índices. El grado de vulnerabilidad medio se presenta en los municipios con menor marginación; en la vulnerabilidad alta corresponde a los municipios con marginación media; los municipios que se encuentran en un grado de vulnerabilidad muy alto corresponden a los municipios con un alto grado de marginación; y finalmente los municipios con un grado de vulnerabilidad crítico se encuentran municipios con un índice de marginación muy por encima del promedio nacional.

En un estudio realizado en el estado de Yucatán, Benavides y Franco (2021) mencionan que el contagio y la letalidad del COVID-19 presenta condiciones desastrosas en las colonias pobres y comunidades que presentan alto grado de marginación. La marginación, entonces, es un factor importante en el impacto de la pandemia sobre la población. En este sentido, es necesario estudiar cómo se presentan los contagios y fallecimientos como consecuencia del COVID-19 a nivel municipal, de acuerdo al grado de marginación.

Por otro lado, el impacto de las enfermedades se puede medir a través de la incidencia acumulada, la letalidad y la mortalidad. La incidencia acumulada es la proporción de personas que enferman en un periodo de tiempo concreto; para el caso de esta investigación, el periodo de tiempo a considerar fue desde el inicio de la enfermedad hasta la fecha de corte del estudio. La mortalidad corresponde a la proporción de la población que muere a causa de la enfermedad y la letalidad da la proporción de casos con la enfermedad que terminan en muerte. Estas tres medidas brindan una clara visión de la agresividad de la enfermedad, así como la vulnerabilidad presente en los diferentes municipios del estado de Puebla ante la presencia de la pandemia de COVID-19.

Para este estudio se plantea la hipótesis de que tanto la marginación como el rezago social influyen en la magnitud del impacto del COVID-19, este impacto puede ser cuantificado a través de la incidencia acumulada, la letalidad, y la mortalidad. El objetivo de esta investigación es estudiar la relación del grado de marginación y de rezago social con la incidencia acumulada de contagios, letalidad y la mortalidad de la enfermedad COVID-19 en los municipios del estado de Puebla, México.

## **1. Marginación, rezago social y pandemia en Puebla**

Puebla es uno de los estados más pobres del país. Para el año 2018, el porcentaje de población en esa condición era de 58.9% (3763700 de personas), porcentaje superior a la obtenida a nivel nacional (41.9%) (CONAPO, 2021). La presencia de la pandemia, lo mismo que el resto del país, afectó fuertemente el nivel de pobreza de la población. En la medición de 2020 se encontró que el porcentaje de la población en el estado se incrementó, alcanzando en esa fecha al 62.4%, afectando a 4,136.6 miles de personas; se incrementó también la población en pobreza extrema pasando de 8.1% en 2018 a 12.7% en 2020 lo que elevó la población en esa condición a 844.3 miles de personas (CONEVAL, 2021b).

Los estados con mayor número de municipios con grado de marginación alto y muy alto fueron Oaxaca, Chiapas, Guerrero y Puebla (Télez et al., 2016). En el estado de Puebla, para 2015, se encontró que 53 municipios tenían un grado de marginación muy alto, 43 municipios se clasificaban como marginación alta, 109 como media, 10 eran considerados con un nivel bajo y finalmente un municipio tenía un grado de marginación muy bajo. Un aspecto importante en este tiempo de pandemia es la carencia de acceso a los servicios de salud y en ese sentido el Estado ocupa el segundo lugar a nivel nacional, con un porcentaje de 20.8% de la población con esa carencia, cifra superior al 16.2% que se tiene a nivel nacional (CONAPO, 2021). Eso significa que uno de cada cinco poblanos no cuenta con atención médica por parte de instituciones oficiales, lo que se traduce en un gran riesgo ante la presencia de la pandemia.

En cuanto al rezago social, para 2015, Puebla ocupaba el quinto lugar con respecto al resto de estados del país, y su grado de rezago social es considerado como alto (CONEVAL, 2020a). El estado de Puebla cuenta con 217 municipios, de los cuales solo fueron considerados 216, ya que no se cuenta con información para el municipio de San Nicolás de los Ranchos. Como resultado se tiene que cuatro municipios tuvieron un rezago social muy bajo, con grado bajo fueron 42 municipios, 88 con grado medio, 73 tuvieron grado alto y nueve municipios se caracterizaron por un grado de rezago social muy alto (CONEVAL, 2020a). Cuando el análisis se hace a nivel municipal, utilizando la misma fuente de información, se encuentran terribles contrastes; por ejemplo, al comparar el municipio de Eloxochitlán, ubicado como el de mayor rezago social, con la ciudad de Puebla que es clasificado como muy bajo rezago social, se observan los siguientes datos: el municipio tiene

12,520 habitantes y el 96.7% de su población tiene un ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos; en cambio, el municipio de Puebla cuenta con 1,576,260 habitantes y el 51.1% se ubica debajo de la línea de pobreza por ingresos. Con esta información es posible observar que la población es un factor determinante, ya que el municipio de Puebla a pesar de ser uno de los municipios con menor rezago social es donde se concentran los pobres del estado.

El impacto de la pandemia en la salud de la población del estado de Puebla, como en el resto del país, ha sido muy fuerte. Los datos que proporciona el Gobierno del Estado de Puebla (2021), con fecha de corte el 8 de agosto de 2021, muestran que se han detectado 94,659 casos positivos de COVID-19 y 13,092 defunciones como consecuencia de la pandemia. Ante la situación de pandemia, el Gobierno del Estado ha tomado medidas que han afectado a la vida económica de la población. En un estudio realizado en Cuetzalan, municipio mayoritariamente indígena, considerado un pueblo mágico y de importancia turística, se encontró que las medidas impuestas por el Gobierno Municipal a causa de la pandemia, afectaron profundamente la calidad de vida de la población (Arias-Hernández y Reyes, 2021).

## **2. Metodología**

Los datos utilizados sobre muertes y contagios confirmados en esta investigación provienen del reporte diario que ofrece la Secretaría de Salud en Datos Abiertos de la Dirección General de Epidemiología (Gobierno de México, 2021). Dado que algunas de las muertes aún no han sido reportadas se tomó la información acumulada desde el inicio de la pandemia hasta el 28 de febrero del reporte del 10 marzo de 2021, esto es, se eliminaron los datos correspondientes a los últimos días; de este mismo reporte se tomó el número de habitantes en cada municipio y se extrajo la información relativa a todos los municipios del estado de Puebla.

Los datos sobre marginación y rezago social se obtuvieron de las fuentes oficiales siendo de CONAPO (2021) para el primer caso y CONEVAL (2021c) para el Índice de Rezago Social. Es necesario mencionar que los índices fueron obtenidos con base en información del año 2015. Por lo tanto, la clasificación de los municipios en esos dos índices, corresponden a un lustro atrás. Esta limitante no afecta demasiado los resultados del grado de marginación o de rezago social, debido a que los cambios en cinco años en la clasificación de los municipios son sumamente reducidos. Para este estudio no se consideró el municipio

de San Nicolás de los Ranchos debido a que no se recopiló información para el año 2015 (CONEVAL, 2020b).

Esta investigación consideró la regionalización del Estado que, de acuerdo con el Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INFED, 2021), son utilizadas por necesidad de planeación y por ser espacios con desarrollo más homogénea. El estado de Puebla se divide en siete regiones socioeconómicas: I) Huauchinango; II) Teziutlán; III) Ciudad Serdán; IV) San Pedro Cholula; V) Puebla; VI) Izúcar de Matamoros; y VII) Tehuacán. Esta regionalización es la que se emplea en el estudio.

## 2.2 Variables analizadas

Para el estudio de la relación entre marginación, rezago social y el comportamiento de la incidencia y letalidad provocada por la pandemia COVID-19, se estimó en cada municipio del estado de Puebla las siguientes variables:

a) La incidencia acumulada ( $IA_i$ ) de contagios de la enfermedad COVID-19, que se calcula con la ecuación:

$$IA_i = \frac{\text{Nº de casos confirmados por COVID-19 durante el periodo en el municipio } i}{\text{Total de población en riesgo al inicio del seguimiento en el municipio } i}$$

Se consideró como el total de la población en riesgo el número de habitantes en cada municipio, por facilidad se tomó esta variable en miles de habitantes. El periodo utilizado para calcular esta incidencia comprendió desde el inicio la pandemia hasta el 28 febrero. Esta variable representa el riesgo de contagiarse de COVID-19 durante el período estudiado.

b) Mortalidad ( $M_i$ ) por COVID-19 en el municipio  $i$ . Se calcula con la ecuación:

$$M_i = \frac{\text{Nº de muertes por COVID-19 durante el periodo en el municipio } i}{\text{Total de población en riesgo al inicio del seguimiento en el municipio } i}$$

Por facilidad, el total de la población en riesgo se calculó en miles de habitantes, el periodo utilizado para calcular esta incidencia comprendió desde el inicio la pandemia hasta

el 28 febrero. Esta variable representa el riesgo de muerte por COVID-19 durante el periodo estudiado.

c) La letalidad ( $L_i$ ) mostrada por la enfermedad COVID-19 entre las personas contagiadas en cada municipio y se calcula con la siguiente ecuación:

$$L_i = \frac{\text{Nº de muertes por COVID-19 durante el periodo en el municipio } i}{\text{Nº total de contagios confirmados de COVID-19 durante el periodo en el municipio } i}$$

La letalidad representa la proporción de casos confirmados que culminaron en muerte en cada uno de los municipios.

d) Riesgo relativo de la incidencia acumulada (RRIA). Con los valores estimados de la incidencia acumulada para cada municipio del estado de Puebla, se estimó el riesgo relativo correspondiente a cada una de las categorías de marginación o del rezago social (según sea el caso) con la siguiente ecuación:

$$RRIA_i = \frac{IA_i}{IA_{ma}} \quad (i=1,2,3,4)$$

$IA$  representa la incidencia acumulada en la categoría Muy alto e  $IA^i$  representa la incidencia acumulada de alguna de las otras categorías. Esta medida proporciona una forma de comparar el riesgo de contagio entre las categorías de marginación o de rezago social (según sea el caso), tomando como base la categoría Muy alto de marginación o de rezago social (según sea el caso), por ejemplo, si el riesgo relativo de la categoría Bajo es 3, significará que el riesgo de contagio en un municipio de la categoría Bajo es tres veces más alto que en un municipio de la categoría Muy alto.

e) Riesgo relativo de mortalidad por COVID-19 (RRM). Se estimó el riesgo relativo correspondiente a cada una de las categorías de marginación o del rezago social (según sea el caso) con la siguiente ecuación:

$$RRM_i = \frac{M_i}{M_{ma}} \quad (i=1,2,3,4)$$

$M_{ma}$  representa la mortalidad en la categoría Muy alto y  $M_i$  representa la mortalidad de alguna de las otras categorías. Esta medida toma como base a la categoría Muy alto de marginación o de rezago social (según sea el caso) y proporciona una forma de comparar el riesgo de que una persona en el municipio de la categoría  $i$  de marginación o de rezago social (según sea el caso), muera por COVID-19 comparada con el riesgo de que una persona en un municipio en la categoría Muy alto muera. Por ejemplo, si el riesgo relativo de la categoría Bajo es 3, significará que el riesgo de que una persona en un municipio de la categoría Bajo muera, es tres veces más alto que una persona en un municipio de la categoría Muy alto.

f) Momio ( $Mo$ ). Es una forma de expresar la posibilidad de ocurrencia de un evento de interés en algún grupo o población, en este caso se utiliza para expresar la probabilidad de muerte por COVID-19 en las distintas categorías de marginación o de rezago social (según sea el caso). Se calcula con la ecuación:

$$Mo_i = \frac{p_i}{1-p_i} \quad (i=1,2,3,4,5)$$

Donde  $p_i$  ( $i=1,2,3,4,5$ ) es la probabilidad de que un caso confirmado de COVID-19 en un municipio en la categoría  $i$  de marginación o de rezago social (según sea el caso) culmine en muerte.

g) Razón de momios ( $RMM$ ). Este valor se utiliza como una medida para comparar dos poblaciones, en este caso para comparar los momios entre las diferentes categorías del grado de marginación o de rezago social, su valor se calcula con la siguiente ecuación:

$$RMM_i = \frac{Mo_i}{Mo_{mb}} \quad (i=1,2,3,4)$$

Esta medida toma como base a la categoría Muy bajo de marginación o de rezago social (según sea el caso), y proporciona una forma de comparar el riesgo de que una persona contagiada en el municipio de la categoría  $i$  de marginación o de rezago social (según sea el caso) termine en muerte, comparada con el riesgo de que una persona en un municipio en la categoría Muy bajo termine en muerte. Por ejemplo, si la razón de momios de la categoría

Bajo es 3, significará que el momio de que una persona contagiada en un municipio de la categoría Bajo, es tres veces más grande que la de un municipio de la categoría Muy bajo.

### 2.3 Modelos empleados

Para estudiar la relación entre la incidencia acumulada de contagios por COVID-19 con el Grado de Marginación y el Grado de Rezago Social, se utilizó un Modelo Lineal Generalizado Mixto con Distribución Binomial Negativa como componente aleatorio y función liga logarítmica. Se consideró que la región de Puebla a la que pertenece el municipio, así como las condiciones particulares de cada municipio dentro de cada categoría de marginación o de rezago social, podrían influir en la incidencia acumulada, por lo que se consideraron en el modelo como efectos aleatorios. Para estudiar la asociación entre la incidencia acumulada, el grado de marginación y el grado de rezago social se contempló en el modelo, como factores fijos el grado de marginación, el grado de rezago social y su interacción. El modelo es:

$$\ln(IA_i) = M_i + R_j + \beta_o + \beta_k x_{ik} + \beta_l y_{il} + \beta_{kl} x_{ik} y_{il}$$

Donde:

$IA_i = \frac{\lambda_i}{n_i}$  ( $i=1,2,\dots,216$ ) es la tasa de incidencia acumulada de contagios (muertos) en el municipio  $i$ .

$\lambda_i$  = número de contagios.

$n_i$  ( $i=1, 2, \dots, 216$ ) = número en miles de habitantes en el municipio  $i$ .

$M_i$  ( $i=1, 2, \dots, 216$ ) = efecto aleatorio del municipio  $i$ .

$R_j$  ( $j=1, 2, \dots, 7$ ) = efecto aleatorio de la región  $j$ .

$\beta_o$  = intercepto.

Para  $k=1, 2, 3, 4$ .

$$X_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{si el municipio } i \text{ pertenece a la categoría } k \text{ de la variable grado de rezago social} \\ 0 & \text{de cualquier otra forma.} \end{cases}$$

Debido a la parametrización del modelo, la quinta categoría de rezago social queda representada cuando  $x_{i1} = x_{i2} = x_{i3} = x_{i4} = 0$

$\beta_k$  es el efecto de la categoría k de la variable grado de rezago social para k=1, 2, 3, 4

$$y_{il} = \begin{cases} 1 & \text{si el municipio } i \text{ pertenece a la categoría } k \text{ de la variable grado de rezago social} \\ 0 & \text{de cualquier otra forma.} \end{cases}$$

Debido a la parametrización del modelo, la quinta categoría de grado de marginación queda representada cuando  $y_{i1} = y_{i2} = y_{i3} = y_{i4} = 0$

$\beta_l$  (l=1, 2, 3, 4) es el efecto de la categoría l de la variable grado de marginación.

$\beta_{kl}$  (k,l=1, 2, 3, 4) representa el efecto de la interacción al combinar la categoría k del grado de marginación con la categoría k del grado de rezago social.

La ecuación 1 se transforma a:

$$\ln \frac{\lambda_i}{n_i} = \ln(\lambda_i) - \ln(n_i) = M_i + R_j + \beta_o + \beta_k x_k + \beta_l y_l + \beta_{kl} x_k y_l$$

Entonces:

$$\ln(\lambda_i) = \ln(n_i) + M_i + R_j + \beta_o + \beta_k x_k + \beta_l y_l + \beta_{kl} x_k y_l$$

$\ln(n_i)$  (i=1, 2, ..., 216) es una constante que depende del tamaño de la población (en miles de habitantes) en el municipio i. A esta constante se le denomina variable “offset”.

Para estudiar la relación entre la mortalidad por COVID-19 con la marginación y el rezago social, se utilizó un Modelo Lineal Generalizado Mixto con Distribución Binomial Negativa como componente aleatorio y función liga logarítmica, semejante al utilizado para estimar la incidencia acumulada. El modelo es:

$$\ln(M_i) = M_i + R_j + \beta_o + \beta_k x_{ik} + \beta_l y_{il} + \beta_{kl} x_{ik} y_{il}$$

Donde:

$$M_i = \frac{\lambda_i}{n_i} \text{ (i=1,2,...216) = mortalidad por COVID-19 en el municipio } i.$$

$\lambda_i$  = número de muertes.

$n_i$  = (i=1, 2, ..., 216) = número en miles de habitantes en el municipio i.

Los términos  $M_i$  y  $R_j$ ; son los parámetros  $\beta_o$ ,  $\beta_k$ ,  $\beta_l$  y  $\beta_{kl}$  así como las variables  $x_{ik}$  e  $y_{il}$  se definen de la misma manera que en el modelo sobre la incidencia acumulada y puede expresarse como:

$$\ln(\lambda_i) = \ln(n_i) + M_i + R_j + \beta_o + \beta_k x_k + \beta_l y_l + \beta_{kl} x_k y_l$$

$\ln(n_i)$  funciona como una variable “offset” que depende del tamaño de la población en el municipio  $i$ .

Para estudiar la relación entre la letalidad por COVID-19 con el grado de marginación y el grado de rezago social, se utilizó un Modelo Mixto de Regresión Logística, empleando como efectos aleatorios la región de Puebla y el municipio. Como factores fijos se utilizaron el grado de marginación, el grado de rezago social y su interacción. El modelo es:

$$\ln\left(\frac{P_i}{1-P_{ii}}\right) = M_i + R_j + \beta_o + \beta_k x_k + \beta_l y_l + \beta_{kl} x_k y_l$$

$P_i = (i=1,2,\dots,n)$  es la probabilidad de muerte de un contagiado en el municipio  $i$ .

Los términos  $M_i$  y  $R_j$ ; los parámetros  $\beta_o$ ,  $\beta_k$ ,  $\beta_l$  y  $\beta_{kl}$ , así como las variables  $x_{ik}$  y  $y_{il}$  se definen de la misma manera que en el modelo sobre la incidencia acumulada. Las comparaciones múltiples en los efectos significativos de todos los modelos se hicieron con el método DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves, 2002) con el software InfoStat versión 2020, el cual evita el traslape de la información resultante. Este método emplea la técnica multivariada de análisis de conglomerados sobre una matriz de distancia obtenida a partir de las medias muestrales.

Para evaluar asociación entre el tamaño de la población, la marginación y el rezago social se utilizó un modelo semejante al usado para incidencia acumulada de contagios, con la diferencia en la variable de respuesta que, en lugar de ser la incidencia acumulada, es el número de habitantes del municipio  $i$ . El modelo es:

$$\ln(\lambda_i) = M_i + R_j + \beta_o + \beta_k x_k + \beta_l y_l + \beta_{kl} x_k y_l$$

$\lambda_i$  = número promedio de habitantes en el municipio  $i$ .

Los términos  $M_j$  y  $R_j$ ; los parámetros  $\beta_o, \beta_k, \beta_l$  y  $\beta_{kl}$  así como las variables  $x_{ik}$  y  $y_{il}$  se definen de la misma manera que en el modelo sobre la incidencia acumulada.

### 3. Resultado y discusión

#### 3.1 Incidencia acumulada de contagios por COVID-19, marginación y rezago social

La estimación del modelo de incidencia acumulada muestra que la interacción no fue significativa y el modelo final incluyó a las variables grado de rezago social y grado de marginación. En la Tabla 1 se muestran un resumen de las características esenciales de la estimación del modelo.

**Tabla 1. Características importantes del modelo seleccionado y pruebas de hipótesis marginales en el caso de la incidencia acumulada de contagios por COVID-19**

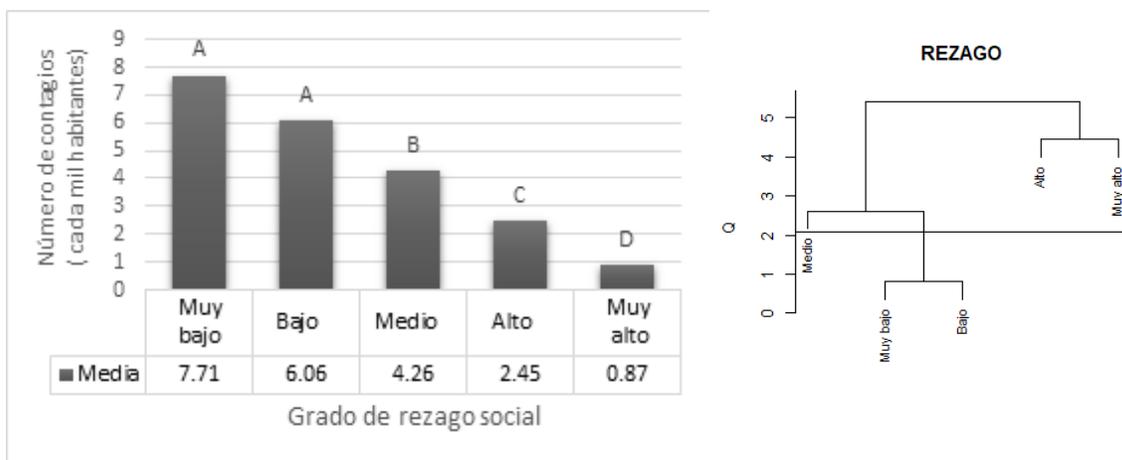
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
216	1824.74	1865.24	-900.37	62.00
Término	Chi-square	df	p-value	
Marginación	126.55	4	<0.0001	
Rezago	53.41	4	<0.0001	

Fuente: elaboración propia.

La Gráfica 1 presenta los resultados de la prueba DGC comparando la incidencia acumulada en las categorías del grado de rezago social. Se puede observar que el grado rezago social Muy bajo y Bajo son iguales estadísticamente, pero diferentes al resto. Se observa un claro ordenamiento, a mayor rezago social, menor incidencia acumulada de contagios por COVID-19. La Tabla 2 presenta los resultados numéricos de esta prueba.

El riesgo relativo estimado en un municipio de la categoría de rezago social Muy bajo con relación a un municipio de la categoría Muy alto es de 8.86. Al aumentar el Grado de Rezago Social el riesgo relativo disminuye hasta llegar a ser tan solo de 2.

**Gráfica 1. Diagrama de barras con la incidencia acumulada de contagios por COVID-19 en los municipios de Puebla, por Grado de Rezago Social y dendrograma para la separación de las medias**



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2. Resultado de la prueba DGC con la variable Grado de Rezago Social en el modelo que explica la incidencia acumulada**

Rezago	Predictor Lineal	E.E.	Riesgo relativo	Media	E.E.				
Muy bajo	2.04	0.26	8.86	7.71	2.00	A*			
Bajo	1.80	0.15	6.97	6.06	0.94	A			
Medio	1.45	0.15	4.90	4.26	0.63		B		
Alto	0.90	0.16	2.82	2.45	0.40			C	
Muy alto	-0.14	0.28	1	0.87	0.24				D

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05). El riesgo relativo se calculó utilizando como base (en el denominador) la categoría Muy alto.

\* Grupos de rezago social con letras iguales tendrán la misma incidencia acumulada.

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 3 muestra la clasificación obtenida por la prueba DGC sobre la variable Grado de Marginación de los municipios. La representación gráfica de esta clasificación se presenta en la Gráfica 2. Se puede observar que las categorías con menor grado de marginación (Muy bajo y Bajo) son las que presentan mayor incidencia acumulada por municipio, seguida por

la categoría (Medio y Alto); la categoría mayor del nivel de marginación (Muy alto) es la que tiene la menor incidencia acumulada de contagios por COVID-19.

El riesgo relativo de la incidencia acumulada de un municipio de la categoría de marginación Muy baja con relación a un municipio de la categoría Muy alta es de 8.35, cantidad muy semejante al riesgo relativo que se obtuvo en el rezago social. En esta variable se mantiene el mismo ordenamiento, esto es al aumentar el grado de marginación el riesgo relativo disminuye, llegando a ser tan solo de 1.35 más riesgo de contagio en la categoría Alto con relación a la categoría Muy alto.

**Tabla 3. Resultado de la prueba DGC con la variable Grado de Marginación en el modelo que explica la incidencia acumulada**

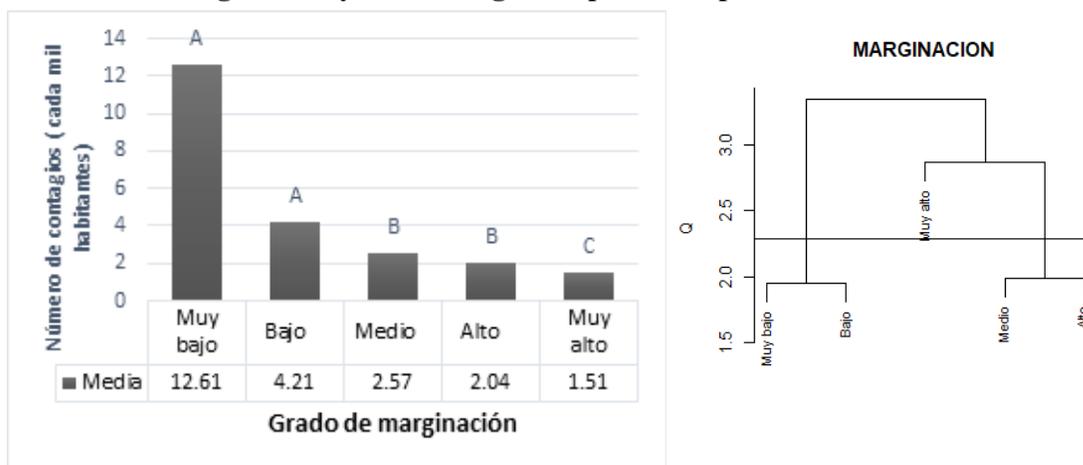
Marginación	Predictor lineal	E.E.	Riesgo relativo	Media	E.E.			
Muy bajo	2.53	0.54	8.35	12.61	6.87	A*		
Bajo	1.44	0.18	2.79	4.21	0.77	A		
Medio	0.94	0.12	1.70	2.57	0.30		B	
Alto	0.71	0.13	1.35	2.04	0.27		B	
Muy alto	0.42	0.14	1	1.51	0.21			C

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05). El riesgo relativo se calculó utilizando como base (en el denominador) la categoría Muy alto.

\* Grupos de marginación con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05).

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 2. Diagrama de barras con la incidencia acumulada en los municipios por Grado de Marginación y el dendrograma para la separación de las medias**



Fuente: elaboración propia.

La presencia del COVID-19 está impactando fuertemente en la economía y la salud de los habitantes de México, y con respecto a la marginación, CONEVAL (2020a) menciona que en el contexto de la pandemia se puede aumentar la situación de pobreza en los municipios con alto índice de marginación. Por eso es tan importante conocer cuál es el impacto del COVID-19 de acuerdo con el grado de marginación que presentan los municipios.

### 3.2 Mortalidad por COVID-19, marginación y rezago social

En el caso de mortalidad por COVID-19, la interacción tampoco fue significativa y el modelo final incluyó a las dos variables (Grado de Rezago Social y Grado de Marginación). En la Tabla 4 se observa un resumen de las características esenciales de la estimación del modelo.

**Tabla 4. Características importantes del modelo seleccionado y pruebas de hipótesis marginales en el caso de mortalidad por COVID-19**

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
216	1227.83	1268.33	-601.91	174.00
Término	Chi-square	df	p-value	
Marginación	76.72	4	<0.0001	
Rezago	32.94	4	<0.0001	

Fuente: elaboración propia.

En la Gráfica 3 y la Tabla 5 se presentan los resultados de la prueba DGC para la variable Grado de Rezago Social en el modelo sobre mortalidad por COVID-19. Se puede observar un ordenamiento semejante a la incidencia, esto es, a menor rezago social, se tiene mayor mortalidad, aunque las tres categorías con menor rezago social (Bajo, Muy bajo y Medio) son iguales estadísticamente.

El riesgo relativo estimado de mortalidad por COVID-19 en un municipio de la categoría Muy baja del rezago social con relación a un municipio de la categoría Muy alto es de 6.0, esto es, el riesgo de muerte por COVID-19 es seis veces más grande en municipios de la categoría Muy bajo que en municipios de la categoría Muy alto. Al aumentar el grado de rezago social, el riesgo relativo disminuye hasta llegar a ser tan solo de 3.16 más riesgo de muerte en la categoría Alto con relación a la categoría Muy alto. En la mortalidad se observó un ordenamiento semejante al de incidencia acumulada de contagios.

**Tabla 5. Resultado de la prueba DGC de la variable Grado de Rezago Social con el modelo que explica la mortalidad por Covid-19**

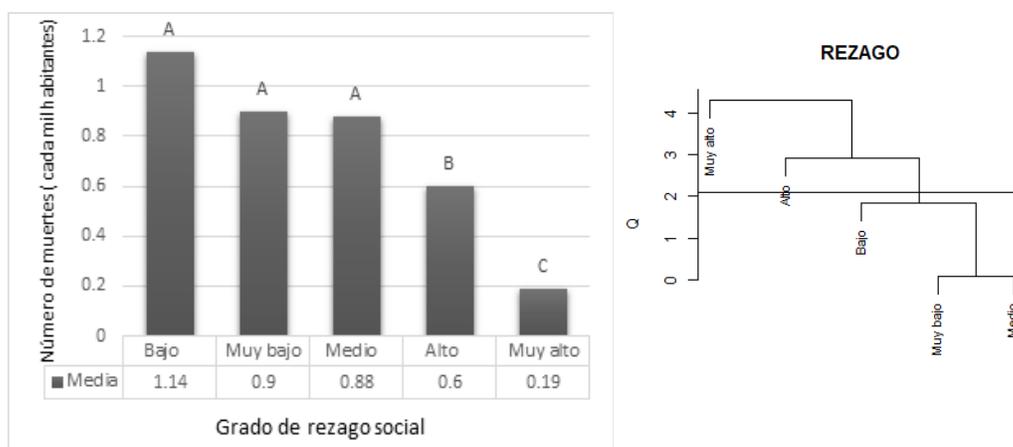
Rezago	Predictor lineal	E.E.	Riesgo relativo	Media	E.E.			
Bajo	0.13	0.14	6	1.14	0.16	A*		
Muy bajo	-0.11	0.22	4.74	0.90	0.19	A		
Medio	-0.13	0.14	4.63	0.88	0.12	A		
Alto	-0.52	0.16	3.16	0.60	0.09		B	
Muy alto	-1.67	0.34	1	0.19	0.06			C

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05). El riesgo relativo se calculó utilizando como base (en el denominador) la categoría Muy alto.

\* Grupos de rezago con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05).

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 3. Diagrama de barras con la mortalidad en los municipios por Grado de Marginación y el dendrograma para la separación de las medias**



Fuente: elaboración propia.

Con relación a la marginación, puede notarse en la Gráfica 4 y la Tabla 6, que se repite nuevamente el patrón de comportamiento mostrado por las variables analizadas anteriormente, esto es, se observa un comportamiento tal que en los municipios con mayor marginación se tiene menor riesgo de muerte, este comportamiento está más marcado que el que presenta el rezago social.

El riesgo relativo de mortalidad por COVID-19 de la categoría de la variable Grado de Marginación Muy bajo fue de 7.38 con relación a la categoría Muy alto, esto es, el riesgo de muerte por COVID-19 en un municipio de la categoría de marginación Muy bajo es 7.38 veces más grande que el riesgo en la categoría Muy alto. La semejanza en el comportamiento de la incidencia acumulada y la mortalidad era de esperarse, ya que al haber mayor número de contagios se tendrán mayor número de muertes.

**Tabla 6. Resultado de la prueba DGC de la variable Grado de Marginación con el modelo que explica la mortalidad por COVID-19**

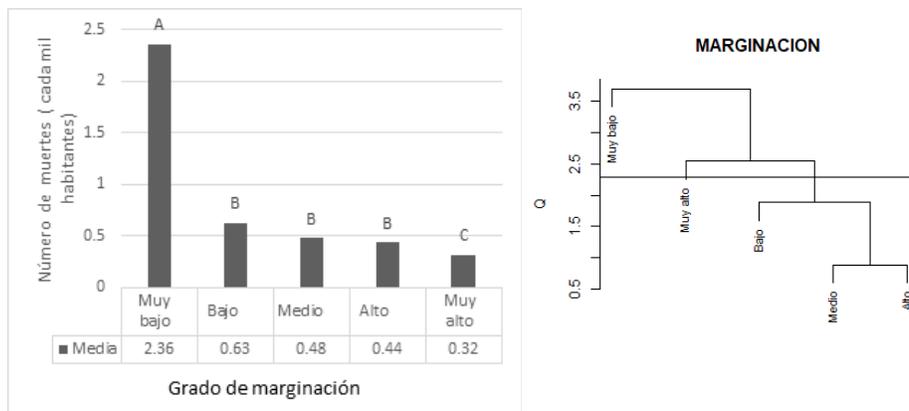
Marginación	Predictor lineal	E.E.	Riesgo relativo	Media	E.E.			
Muy bajo	0.86	0.42	7.38	2.36	0.99	A*		
Bajo	-0.47	0.18	1.97	0.63	0.11		B	
Medio	-0.73	0.13	1.5	0.48	0.06		B	
Alto	-0.83	0.15	1.38	0.44	0.07		B	
Muy alto	-1.13	0.16	1	0.32	0.05			C

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05). El riesgo relativo se calculó utilizando como base (en el denominador) la categoría Muy alto.

\* Grupos de marginación con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05).

Fuente: elaboración propia.

**Figura 4. Diagrama de barras con la mortalidad por COVID-19 en los municipios de Puebla, por Grado de Marginación y el dendrograma para la separación de las medias**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3 Letalidad, marginación y rezago social

De acuerdo con los resultados anteriores, hay asociación entre la incidencia acumulada de contagios y de mortalidad por COVID-19 con el grado de marginación y de rezago social: a mayor marginación y mayor rezago social se presentan menores incidencias acumuladas y menor mortalidad por COVID-19, esto podría interpretarse como que en condiciones

de menor marginación y menor rezago social, se presentan condiciones que favorece el desarrollo de la enfermedad, por lo que se estudió la asociación entre letalidad, marginación y rezago social.

Con relación a la letalidad, la interacción entre marginación y rezago social tampoco fue significativa. En el modelo que solo incluía la variable marginación, esta fue significativa, y en el modelo que incluía solo la variable rezago social, esta también fue significativa. Al incluir ambas variables, una deja de ser significativa, lo que puede interpretarse como que comparten información sobre la asociación con la letalidad debida a COVID-19. En la tabla 7 se observa un resumen de las características esenciales de la estimación del modelo que solo contiene a la variable marginación.

**Tabla 7. Características importantes del modelo que incluye sólo la variable Grado de Marginación y la prueba de hipótesis asociada en el caso de la letalidad por COVID-19**

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
69784	50724.54	50788.61	-25355.27	50468.38
Término	Chi-square	df	p-value	
Marginación	28.58	4	<0.0001	

Fuente: elaboración propia.

Con relación a la marginación puede notarse en la Gráfica 5 y la Tabla 8 que la asociación con la letalidad se invierte, esto es, a mayor marginación mayor letalidad. Las categorías con mayor marginación (Muy alto y Alto) son iguales estadísticamente y tienen la mayor letalidad, y las categorías con menor marginación (Medio, Bajo y Muy bajo) son iguales estadísticamente y son las que presentan menor tasa de letalidad, poniendo de manifiesto la mayor susceptibilidad en los municipios con mayor marginación. Se puede observar un patrón en la razón de momios estimadas, con una tendencia clara a ir reduciendo al disminuir la marginación.

**Tabla 8. Resultado de la prueba DGC de la variable Grado de Marginación con el modelo que explica la letalidad por COVID-19**

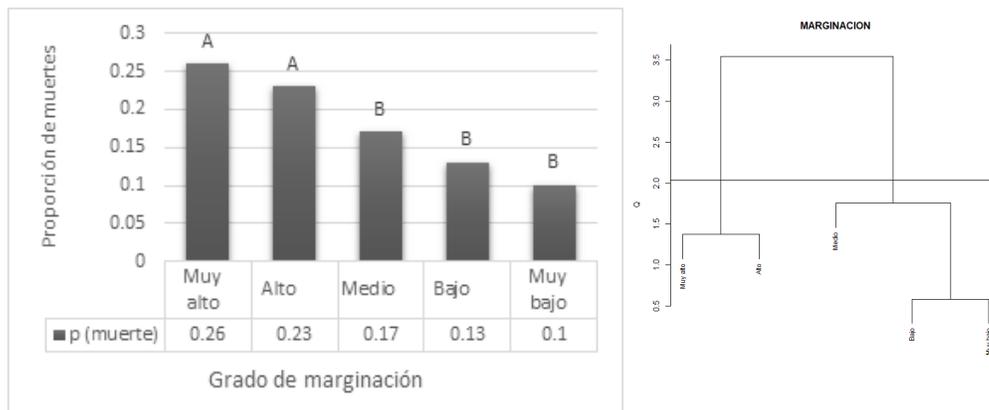
Marginación	Predictor lineal	E.E.	Razón de momios	Momios	p (muerte)	E.E.		
Muy alto	-1.03	0.12	3.18	.35	0.26	0.02	A	
Alto	-1.24	0.11	2.72	.30	0.23	0.02	A	
Medio	-1.60	0.06	1.82	.20	0.17	0.01		B
Bajo	-1.93	0.15	1.36	.15	0.13	0.02		B
Muy bajo	-2.16	0.37	1	.11	0.10	0.03		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05). La razón de momios se calculó utilizando como base (en el denominador) la categoría Muy bajo.

\* Grupos de marginación con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05).

Fuente: elaboración propia.

**Figura 5. Diagrama de barras con la probabilidad de muerte en los enfermos contagiados de acuerdo al Grado de Marginación y el árbol auxiliar para la separación de las medias**



Fuente: elaboración propia.

Un resumen de las características esenciales de la estimación del modelo que solo contiene la variable rezago social se encuentra en la Tabla 9.

**Tabla 9. Características del modelo que incluye sólo la variable Grado de Rezago Social y la prueba de hipótesis asociada en el caso de la letalidad por COVID-19**

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
69784	50724.64	50788.71	-25355.32	50459.24
Término	Chi-square	df	p-value	
Rezago	28.48	4	<0.0001	

Fuente: elaboración propia.

Con relación a la variable Rezago social puede notarse en la Gráfica 6 y la Tabla 10 que nuevamente la asociación con la letalidad se invierte, esto es, en general a mayor rezago social se tendrá mayor letalidad. La categoría Alto presenta la mayor letalidad, y la categoría Muy bajo en la que presenta menor letalidad. Las categorías Muy alto, Medio y Bajo son iguales estadísticamente con una letalidad intermedia. Con este resultado podría interpretarse que el grado de rezago social influye en la susceptibilidad ante el COVID-19. En esta variable, al igual que la marginación, se puede observar un patrón en la razón de momios estimadas, con una tendencia clara a ir reduciendo al disminuir la marginación.

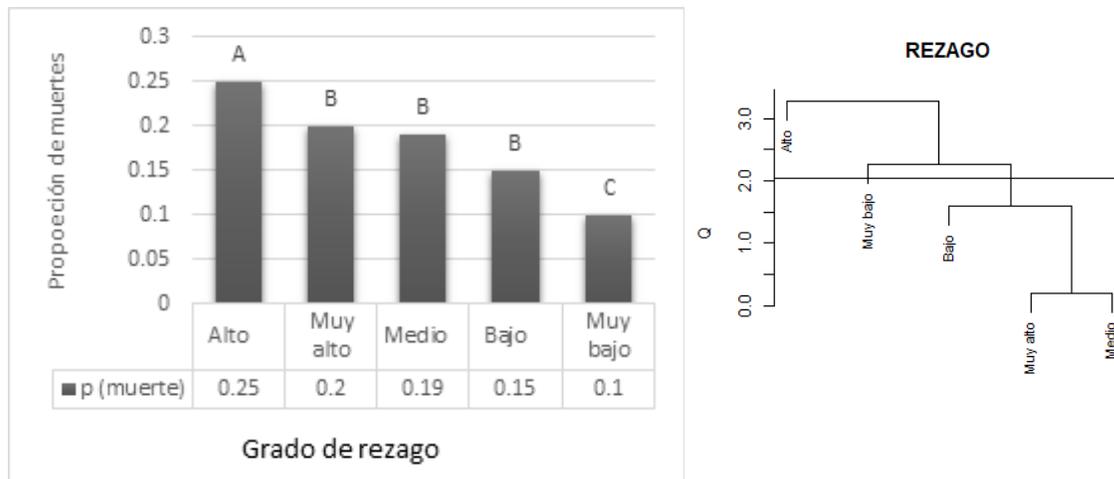
**Tabla 10. Resultado de la prueba DGC de la variable Grado de Rezago Social con el modelo que explica la mortalidad por COVID-19**

Rezago	Predictor lineal	E.E.	Momios	Razón de momios	p (muerte)	E.E.			
Alto	-1.09	0.10	0.33	3.00	0.25	0.02	A*		
Muy alto	-1.40	0.38	0.25	2.27	0.20	0.06		B	
Medio	-1.47	0.07	0.23	2.09	0.19	0.01		B	
Bajo	-1.73	0.09	0.18	1.64	0.15	0.01		B	
Muy bajo	-2.22	0.24	0.11	1	0.10	0.02			C

\*Grupos de rezago con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05)

Fuente: elaboración propia.

**Figura 6. Diagrama con la probabilidad de muerte en los enfermos contagiados de acuerdo al Grado de Rezago Social y el árbol auxiliar para la separación de las medias**



Fuente: elaboración propia.

### 3.4 Tamaño de la población, marginación y rezago social

Una posible explicación a que no se manifieste susceptibilidad al contagio y por consiguiente a la mortalidad por COVID-19 debido a marginación y/o un rezago social en el estado de Puebla, puede ser la asociación que existe en el tamaño de la población (número de habitantes en el municipio), la marginación y el rezago social. Las ciudades son lugares con gran densidad de población lo que aumenta las posibilidades de contagio (Martínez, González y Garrido, 2020) y presentan una tendencia a tener baja marginación y bajo rezago social.

La asociación entre el tamaño de la población, la marginación, el rezago social y la incidencia se estudió con un Modelo Lineal Generalizado Mixto con Distribución Binomial Negativa, como componente aleatorio y función de liga logarítmica. En este modelo, la interacción entre marginación y rezago social tampoco fue significativa.

El modelo que solo incluía la variable marginación fue significativo, y en el modelo que incluía solo la variable rezago social, esta también fue significativa; y al incluir ambas variables, una deja de ser significativa, lo que puede interpretarse como que comparten información sobre la asociación con el tamaño de la población. Un resumen de las características esenciales de la estimación del modelo que solo contiene a la variable

marginación están en la Tabla 11, y las características esenciales del modelo que solo contiene a la variable rezago social está en la Tabla 13.

**Tabla 11. Características importantes del modelo que relaciona el tamaño de la población en cada municipio con la variable Grado de Marginación y la prueba de hipótesis asociada**

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
216	1728.91	1755.92	-856.46	28.13
Término	Chi-square	df	F-value	p-value
Marginación	4	211	7.53	<0.0001

Fuente: elaboración propia.

Con relación a la marginación puede notarse en la Tabla 12 que, al comparar las medias del número de habitantes por municipio, se presenta un patrón de comportamiento muy claro, de tal forma que en los municipios con mayor marginación tienen en promedio menor número de habitantes. En la Tabla 14, con los resultados comparando las medias del número de habitantes por municipio en las diferentes categorías de rezago social, es posible notar la misma tendencia, a menor rezago social mayor número de habitantes por municipio.

Este resultado es semejante al comportamiento mostrado por la incidencia acumulada de contagios y por la mortalidad por COVID-19, presentando una asociación fuerte entre el número de habitantes por municipio (tamaño del municipio) y la incidencia acumulada de contagios y la mortalidad por COVID-19. La Gráfica 7 es un ejemplo de esta asociación, donde se presenta el ordenamiento que se tiene con la mortalidad y el grado de marginación, y a un lado se presenta la gráfica con el ordenamiento que se tiene con el tamaño de las poblaciones en los municipios de acuerdo a su grado de marginación. Es posible que se tenga mayor incidencia en municipios de baja marginación y bajo rezago social, debido a que las poblaciones son más grandes y presentan mayores oportunidades de contagio, aunque claramente tienen una menor letalidad. Ese resultado coincide con lo observado por Villerias, Nochebuena y Uriostegui (2020), respecto a que los municipios con menor marginación tienen mayores probabilidades de contagios de COVID-19 y que se presentó el mayor número de contagios donde se encuentra la mayor concentración de la población.

El Grupo Técnico Asesor de Vacunación Covid-19 (2021) reconoce que en el país la pandemia se ha presentado en forma heterogénea, mostrando diferencias entre localidades en cuanto al número de contagios y funciones, mencionando que en 50 municipios del país tienen más de la mitad de los fallecimientos por COVID-19 y recomiendan priorizar los municipios con más alta mortalidad acumulada. Sosa, Ortiz y Cabello (2020), en una investigación utilizando la metodología de redes neuronales artificiales, sobre la relación de las variables que caracterizan el rezago social y el COVID-19, manifiestan que es necesario atender las carencias en las comunidades con alto Índice de Rezago Social, para reducir los efectos de la pandemia. Por su parte, Ortiz-Hernández y Pérez-Sastré (2020) afirman que el vivir en un municipio con mayor marginación se encuentra relacionado con mayor riesgo de muerte.

**Tabla 12. Resultado de la prueba DGC de la variable Marginación con el modelo que explica la mortalidad por COVID-19**

Marginación	Predictor lineal	E.E.	Media	E.E.			
Muy bajo	7.03	1.01	1132.62	1144.3	A*		
Bajo	3.52	0.36	33.64	12.27		B	
Medio	2.71	0.2	15.04	3.01			C
Alto	2.45	0.24	11.59	2.74			C
Muy alto	2.32	0.23	10.2	2.35			C

\* Grupos de marginación con una letra común no son significativamente diferentes (valor-p > 0.05).

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 13. Características importantes del modelo que relaciona el tamaño de la población en cada municipio con la variable Rezago Social y la prueba de hipótesis asociada**

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
216	1725.26	1752.26	-854.63	28.50

Término	Chi-square	df	p-value
Rezago	26.58	4	<0.0001

Fuente: elaboración propia.

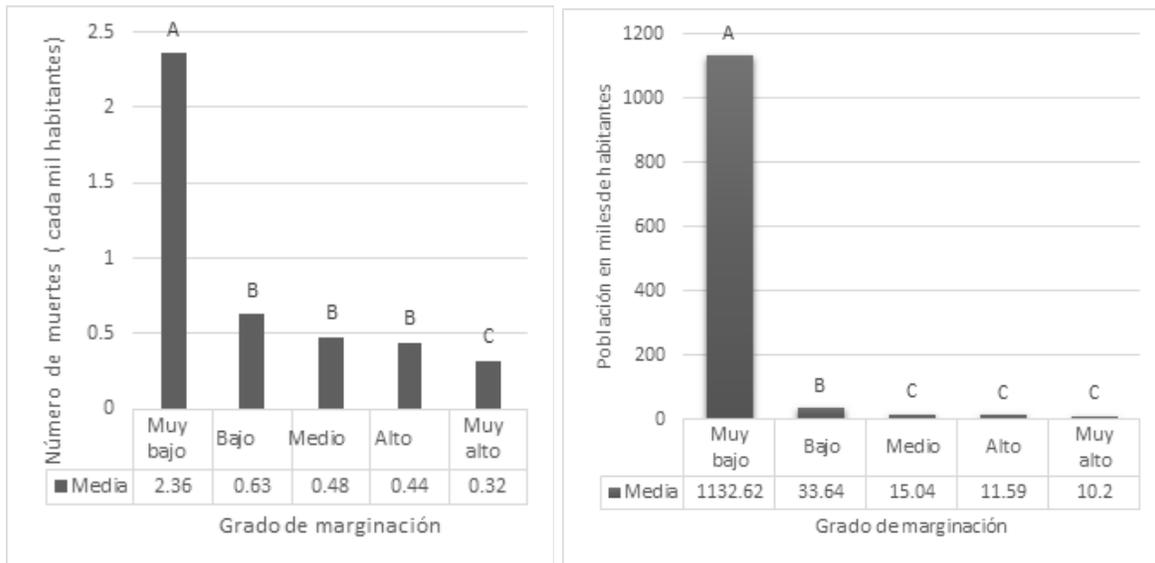
**Tabla 14. Resultado de la prueba DGC de la variable Rezago Social con el modelo que explica la mortalidad por COVID-19**

Rezago	PredLin	E.E.	Media	E.E.			
Muy bajo	4.77	0.53	117.84	62.91	A*		
Bajo	3.14	0.25	23.13	5.83		B	
Muy alto	2.69	0.39	14.73	5.79		B	
Medio	2.68	0.23	14.54	3.30		B	
Alto	2.22	0.23	9.17	2.15			C

\* Grupos de rezago con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Fuente: elaboración propia.

**Figura 7. Gráfico que presenta a la izquierda el diagrama de barras con el número de muertos por cada 1,000 personas en los municipios de acuerdo al Grado de Marginación y a la derecha el diagrama de barras que presenta el tamaño promedio de habitantes en los municipios de acuerdo al Grado de Marginación**



Fuente: elaboración propia.

Respecto al número de habitantes en relación con la población, Arellano (2020) menciona que, en tres de cada cuatro municipios, el 50% o más de la población se encontraba en pobreza, esos municipios son los menos poblados, porque en los municipios con mayor número de habitantes, en términos generales, son los que tienen menor porcentaje de pobreza,

y este autor considera que el impacto del virus será mayor en los municipios donde habita la población más pobre.

Las grandes ciudades generalmente presentan muy bajo grado de marginación, sin embargo, en términos absolutos cuentan con el mayor número de pobres y por la gran densidad de población se encuentra en riesgo de contraer la enfermedad. Martínez, González y Garrido (2020) recomienda que para el municipio de Puebla es necesario impulsar contra el COVID-19 políticas públicas sociales priorizando los asentamientos irregulares y las juntas auxiliares.

Por su parte, Suárez et al. (2020) generaron un índice municipal de vulnerabilidad ante el COVID-19, basado en tres dimensiones: demográfica, de salud y socioeconómica. Dentro de los indicadores de la dimensión socioeconómica se incluyó el Índice de Marginación. Este índice muestra que la epidemia en México se concentra en municipios urbanos con menor vulnerabilidad, sin embargo, en los municipios con mayor vulnerabilidad la enfermedad podría volverse crítica.

## **Conclusiones**

En este artículo se puede concluir que existe evidencia de la relación entre la vulnerabilidad al COVID-19 en los diferentes municipios del estado de Puebla y el grado de marginalidad y rezago social presente en ellos.

Del análisis de los contagios y de fallecimientos ocasionados por la pandemia en el estado de Puebla, se concluye respecto a marginación que existe una asociación fuerte entre la incidencia acumulada de contagios por COVID-19 y el Grado de Marginación municipal en Puebla. Esta asociación muestra un claro ordenamiento, a mayor marginación menor incidencia acumulada de contagios por COVID-19. Al analizar defunciones se presentó una asociación fuerte entre la mortalidad por COVID-19 y el grado de marginación en Puebla. Esta asociación muestra que a mayor marginación menor incidencia acumulada de contagios por COVID-19.

Respecto al rezago social, se verificó una asociación fuerte entre la incidencia acumulada de contagios por COVID-19 y el Grado de Rezago Social. Esta asociación muestra un ordenamiento, a mayor rezago social menor número de defunciones por COVID-19. Además, para el caso de defunciones, se tiene una asociación fuerte entre la mortalidad por

COVID-19 y el Grado de Rezago Social. Esta asociación muestra que a mayor rezago social menor incidencia acumulada de contagios por COVID-19.

Se demostró que existe una asociación fuerte entre la letalidad por COVID-19 y el Grado de Marginación. Esta asociación muestra que a mayor marginación mayor proporción de muertes por COVID-19 entre las personas contagiadas. A mayor marginación del municipio mayor susceptibilidad de que una persona contagiada termine en muerte. También existe una asociación fuerte entre la letalidad por COVID-19 y el Grado de Rezago Social. Esta asociación muestra un ordenamiento: a mayor rezago social mayor proporción de muertes por COVID-19 entre las personas contagiadas. A mayor rezago social del municipio mayor susceptibilidad de que una persona contagiada termine en muerte.

El tamaño de la población (número de habitantes por municipio) muestra una asociación con la marginación y con el Grado de Rezago Social de los municipios. Esta asociación muestra que mayor marginación y/o mayor rezago social se presenta en poblaciones más pequeñas. Comportamiento semejante al mostrado por la incidencia acumulada y la mortalidad por COVID-19. Esto es una posible explicación a que a pesar de tener una mayor susceptibilidad ante el COVID-19 (mayor letalidad) los municipios con alta marginación o alto rezago social, se presenten menores incidencias acumuladas de contagios y menor mortalidad por COVID-19. Estos resultados sugieren la posibilidad de que las políticas de salud pública sean dirigidas a los grupos más susceptibles dentro de los municipios más habitados (municipios de baja marginación y bajo rezago social), al mismo tiempo que los municipios más susceptibles a ser dañados por la pandemia, esto es, en los municipios de alta y muy alta marginación y rezago social.

Existen otras posibles explicaciones que debería explorarse para lograr un mayor entendimiento del proceso que culmine en mejores políticas de salud pública, algunas explicaciones alternativas pudieran ser la distribución de edades en los municipios de las diferentes categorías de marginación o del rezago social; asimismo, la forma en que se presenta la incidencia de comorbilidades en los municipios de las diferentes categorías de marginación o de rezago social.

## Referencias bibliográficas

- Arellano, S. (2020). Pandemia, pobreza y municipios. Cordero, R. y Provencio, E. (Coords.). *Cambiar el rumbo: el desarrollo tras la pandemia* (pp. 72-78). Universidad Nacional Autónoma de México. [http://132.248.170.14/publicaciones/42/Cambiar\\_rumbo.pdf](http://132.248.170.14/publicaciones/42/Cambiar_rumbo.pdf)
- Arias-Hernández, J. y Reyes Pérez, O. (2021). Impacto de las medidas administrativas ante el COVID-19 en las dinámicas socioculturales en Cuetzalan del Progreso, Puebla. *Ciencia y Sociedad*, 46(2), 47-64. DOI: <https://doi.org/10.22206/cys.2021.v46i2.pp47-64>.
- Benavides, A. y Franco Cáceres, J. (2021). El Estado de Yucatán ante el desastre sindémico del COVID-19 entre los grupos vulnerables de Mérida y los demás municipios yucatecos. *Antrópica. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 7(14), 291-316.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) (2020a). *Informe de Evaluación de la Política de Desarrollo Social 2020*. CONEVAL.
- \_\_\_\_\_. (2020b). *Informe de pobreza y evaluación 2020*. [https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes\\_de\\_pobreza\\_y\\_evaluacion\\_2020\\_Documentos/Informe\\_Puebla\\_2020.pdf](https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_de_pobreza_y_evaluacion_2020_Documentos/Informe_Puebla_2020.pdf)
- \_\_\_\_\_. (2021a). *Pobreza en México. Resultados de pobreza en México 2018 a nivel nacional y por entidades federativas*. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza-2018.aspx>
- \_\_\_\_\_. (2021b). *Medición de la pobreza. Anexo estadístico de pobreza en México. Anexo estadístico 2018 - 2020*. [https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/AE\\_pobreza\\_2020.aspx](https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/AE_pobreza_2020.aspx)
- \_\_\_\_\_. (2021c). *Índice de rezago social 2015 a nivel nacional, estatal y municipal*. [https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice\\_Rezago\\_Social\\_2015.aspx](https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2015.aspx)
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2021). *Datos abiertos del índice de marginación*. [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos\\_Abiertos\\_del\\_Indice\\_de\\_Marginacion](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion)
- Di Rienzo, J. A., Guzmán, A. W. y Casanoves, F. (2002). A multiple-comparisons method base on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 7(2), 129-142. doi: 10.1198/10857110260141193.

- Gobierno de México (2021). *Covid-19 México*, CONACYT. <https://datos.covid-19.conacyt.mx/#DownZCSV>
- Gobierno del Estado de Puebla (2021). *Sistema de Monitoreo Regional, COVID-19 Puebla*. <https://plataformageo.puebla.gob.mx/covid-19/>
- Grupo Técnico Asesor de Vacunación Covid-19 (2021). *Actualización del análisis de priorización de las vacunas para COVID-19 en México y recomendaciones generadas*. Salud Pública de México. <https://doi.org/10.21149/12571>
- Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INFED) (2021). *Enciclopedia de los Municipios y delegaciones de México*. Estado de Puebla. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/regionalizacion.html>
- Martínez Carreño, B., González Romero, M. Á. y Garrido Lastra, M. I. (2020). Desigualdades en el territorio: Efectos del COVID-19 en el corto y mediano plazo. Caso municipio de Puebla. En *Factores críticos y estratégicos en la interacción territorial desafíos actuales y escenarios futuros*. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C.
- Nájera, H. y Huffman, C. (2021). *Estimación del costo de eliminar la pobreza extrema por ingreso en México, en tiempos del COVID*. Programa Universitario de Estudios del Desarrollo. UNAM. <http://www.pued.unam.mx/export/sites/default/archivos/covid/DocTecnico.pdf>
- Ortiz-Hernández, L. y Pérez-Sastré, M. A. (2020). Inequidades sociales en la progresión de la COVID-19 en población mexicana. *Revista Panamericana de Salud Pública*, (44), 1-8. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.106>
- Sosa, M., Ortiz, E. y Cabello, A. (2020). Impacto del rezago social en el número de muertes y contagios por COVID-19 en México: análisis con redes neuronales artificiales empleando información a nivel municipal. *Contaduría y administración*, 65(5), 8.
- Suárez, L., Valdés, G., Galindo, P., Salvador, G., Ruiz, R., Alcántara-Ayala, López, C, Rosales, T., Lee, A., Benítez P., M. C. Juárez, G., Bringas, L., Oropeza, O., Peralta, H. y Garnica-Peña, R. (2020). *Índice de vulnerabilidad ante el COVID-19 en México*. *Investigaciones geográficas*. Instituto de Geografía. doi: 10.14350/rig.60140
- Suárez Lastra, M., Valdés González, C., Galindo Pérez, M., Salvador Guzmán, L., Ruiz Rivera, N., Alcántara-Ayala, I., López Cervantes, M., Rosales Tapia, A., Lee Alardin, W., Benítez Pérez, H., Juárez Gutiérrez, M. del C., Bringas López, O., Oropeza

- Orozco, O., Peralta Higuera, A., & Garnica-Peña, R. (2020). Índice de vulnerabilidad ante el COVID-19 en México. *Investigaciones Geográficas*, (104). Doi: <https://doi.org/10.14350/rig.60140>
- Téllez Vázquez, Y., Almejo Hernández, R., Hernández Álvarez, A. R. y Romo Viramontes, R. (2016). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2015*. Consejo Nacional de Población. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indice-de-marginacion-por-entidad-federativa-y-municipio-2015>
- Villeras Salinas, S., Nochebuena, G. y Uriostegui Flores, A. (2020). Análisis geográfico del COVID-19 Análisis espacial de vulnerabilidad y riesgo en salud por COVID-19 en el estado de Guerrero, México. *Posición*, 3.