



Distribución espacial de la mortalidad por COVID-19 y su asociación con condiciones sociodemográficas en Antioquia-Colombia

Beatriz Caicedo-Velásquez*
Ana María Cifuentes-Ríos**

Recibido en octubre 13 de 2022, aceptado en mayo 18 de 2023

Citar este artículo así:

Caicedo-Velásquez B, Cifuentes-Ríos, AM. Distribución espacial de la mortalidad por COVID-19 y su asociación con condiciones sociodemográficas en Antioquia-Colombia. *Hacia Promoc. Salud.* 2023; 28(2): 64-81. DOI: 10.17151/hpsal.2023.28.2.5

Resumen

Antioquia ha evidenciado amplias variaciones subregionales y municipales en el riesgo de mortalidad por COVID-19. Sin embargo, se desconocen factores relevantes para explicar el patrón geográfico de la mortalidad, además de las condiciones individuales. **Objetivo:** explorar la posible influencia de características municipales sobre el riesgo de mortalidad por COVID-19 en Antioquia ajustando por condiciones individuales. **Metodología:** se utilizó un estudio analítico de datos secundarios, transversal, utilizando datos de todos los casos positivos de COVID-19 identificados entre el 9 marzo de 2020 y el 29 de octubre de 2021 en Antioquia, Colombia. Se ajustó un modelo logístico multinivel para analizar la asociación entre mortalidad por COVID-19 y predictores socioeconómicos y demográficos de los municipios, independiente de edad, sexo y etnia. **Resultados:** después de controlar por variables-individuales, 12 de las 16 variables del nivel municipal se mostraron independientemente asociadas a la mortalidad por COVID-19. Los resultados, además, sugieren un gradiente negativo de la mortalidad por COVID-19 donde municipios con precarias condiciones mostraron mayores riesgos. **Conclusiones:** estos resultados sugieren la necesidad de tener en cuenta no solo el entorno inmediato, sino también el entorno más amplio al que pertenecen las personas para prevenir la propagación del virus y sus graves consecuencias.

Palabras clave

COVID-19, mortalidad, pandemia, análisis espacial, determinantes sociales de la salud. (Fuente: DeCS, BIREME)

* Profesional en Sistemas de Información en Salud, Ph. D. en Geografía Humana. Facultad Nacional de Salud Pública Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Correo electrónico: beatriz.caicedo@udea.edu.co.  orcid.org/0000-0001-6284-512X. 

** Microbióloga y bioanalista. Escuela de Microbiología Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Correo electrónico: amaria.cifuentes@udea.edu.co.  orcid.org/0000-0003-4165-0723. 



Spatial distribution of mortality due to COVID-19 and its association with sociodemographic conditions in Antioquia-Colombia

Abstract

Antioquia has shown wide subregional and municipal variations in the risk of mortality due to COVID-19. However, relevant factors to explain the geographical pattern of mortality, other than individual conditions, are unknown. **Objective:** To explore the possible influence of municipal characteristics on the risk of mortality due to Covid-19 in Antioquia, adjusted by individual conditions. A cross-sectional secondary data analytical study was used, using data from all positive cases of Covid-19 identified between March 9, 2020 and October 29, 2021 in Antioquia-Colombia. **Methods:** A multilevel logistic model was adjusted to analyze the association between mortality due to Covid-19 and socioeconomic and demographic predictors of the municipalities, independent of age, gender, and ethnicity. **Results:** After controlling for individual variables, 12 out of the 16 municipal-level variables were shown to be independently associated with Covid-19 mortality. The results also suggest a negative gradient of mortality due to Covid-19 where, municipalities with precarious conditions, showed higher risks. **Conclusions:** These results suggest the need to take into account not only the immediate environment but also the broader environment to which people belong to prevent the spread of the virus and its serious consequences.

Keywords

Covid-19, mortality, pandemic, spatial analysis, social determinants of health. (Source: DeCS, BIREME)

Distribuição espacial da mortalidade por COVID-19 e sua associação com condições sócias demográficas em Antioquia-Colômbia

Resumo

Antioquia mostrou grandes variações geográficas no risco de mortalidade atribuível ao COVID-19. No entanto, fatores contextuais além das condições individuais que são relevantes para explicar tal padrão geográfico são desconhecidos. O objetivo deste artigo é explorar o efeito das características municipais sobre o risco de mortalidade por Covid-19 em Antioquia, ajustando as condições individuais. Foi utilizado um estudo analítico de dados secundários e transversais, usando dados de todos os casos positivos de Covid-19 identificados entre 9 de março de 2020 e 29 de outubro de 2021 em Antioquia-Colômbia. **Método:** Uma análise multinível foi realizada para examinar os determinantes da mortalidade individual por Covid-19, controlando os efeitos individuais de idade, sexo e etnia e o ambiente ao qual os indivíduos pertencem. **Resultados:** Nossos resultados sugerem que não apenas os atributos em nível individual, mas também em nível municipal, têm efeito sobre o risco individual de mortalidade por Covid-19. Os resultados também sugerem um gradiente negativo de mortalidade por Covid-19 onde municípios com condições precárias apresentaram maiores riscos. **Conclusões:** Esses resultados sugerem a necessidade de levar em consideração não apenas o ambiente imediato, mas também o cenário mais amplo ao qual os indivíduos pertencem para evitar a propagação do vírus e seus graves resultados.

Palavras chave

COVID-19, mortalidade, pandemia, análise espacial, determinantes sociais da saúde. (Fonte: DeCS, BIREME)

Introducción

La enfermedad por el nuevo coronavirus (COVID-19), causada por el coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) fue identificado como brote altamente infeccioso en China por las autoridades de salud locales en la ciudad de Wuhan, en diciembre de 2019 (1). El 30 de enero, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró el COVID-19 como una “emergencia de salud pública de importancia internacional” y en marzo del mismo año lo denominó como “pandemia” (1).

La mortalidad relacionada al COVID-19 afectó a toda la población y ha crecido constantemente en todos los países. La región de las Américas ha ocupado el primer puesto en mortalidad e incidencia (5 062 266 muertes por 100.000 habitantes y 94 698 325 nuevos casos por 100.000 habitantes), seguida de la región de Europa, región de Asia Sudoriental, región del Mediterráneo Oriental, región del Pacífico Occidental y región de África (2). Para Colombia el primer caso oficial reportado de COVID-19 se conoció el 6 de marzo de 2020 y la primera muerte sucedió el 16 marzo del mismo año, alertando al Gobierno nacional y generando y activando los planes de contingencia para enfrentar la pandemia, como fue el estado estricto de cuarentena a partir del 24 de marzo del 2020 (3, 4). Según los datos reportados por el Ministerio de Salud y Protección Social (MinSalud), a noviembre del 2021 Colombia tenía 127.680 fallecidos por COVID-19 y 5 024 263 casos (4).

Para el país, el mayor número de muertes se ha registrado en Bogotá D.C., Antioquia, Valle del Cauca, Santander, y Barranquilla (4). La distribución por edad por departamentos se concentró en el rango de entre los 20 y 39 años, seguida de los adultos mayores a 60 años (4). La variabilidad de mortalidad e incidencia por

la pandemia entre departamentos y municipios del país ha sido explicada por algunos autores por los determinantes sociales de la salud ampliamente conocidos a nivel individual y contextual (5). A nivel individual, estudios sugieren las manifestaciones más severas de la enfermedad en hombres, personas mayores, pobres, con salarios bajos, de grupos étnicos minoritarios, que conviven en entornos aglutinados y con comorbilidades tales como hipertensión arterial, diabetes *mellitus*, enfermedad cardíaca, enfermedad renal, entre otras (3, 5, 6). Otro enfoque evidenciado en la literatura describe la influencia del ambiente o lugar donde las personas residen, determinando que el riesgo de enfermar y morir por COVID-19, no depende exclusivamente de condiciones individuales, sino también de procesos y mecanismos que operan en la dimensión contextual. Por ejemplo, se ha reportado relación de la mortalidad por COVID-19 con la pobreza, donde los municipios con bajas condiciones económicas tuvieron una supervivencia menor en comparación con los demás municipios (6, 7). Así mismo, en Colombia se ha encontrado que municipios con mayor proporción de personas con necesidades básicas insatisfechas o índice de pobreza elevados, alta proporción de personas pertenecientes al régimen subsidiado de salud y municipios con mayores tiempos de espera entre el inicio de los síntomas y el diagnóstico tienen mayor mortalidad por COVID-19 (4). La evidencia internacional igualmente sugiere mayores riesgos de mortalidad en áreas con alta concentración de residentes afroamericanos (7), mayor densidad poblacional, alta proporción de minorías étnicas (8) de población analfabeta, y de población mayor de 65 años. Factores geográficos igualmente se han mostrado como relevantes para la mortalidad por COVID-19, en donde departamentos con bajo número de centros de salud, insuficiencia de insumos y de personal han incrementado el riesgo (9).

Antioquia ha evidenciado amplias variaciones subregionales y municipales en el riesgo de mortalidad (4); sin embargo, se desconocen los factores que sean relevantes para explicar el patrón geográfico de la mortalidad más allá de las condiciones individuales. Usando técnicas de análisis multinivel, el objetivo de este artículo es explorar la posible influencia de características municipales sobre el riesgo de mortalidad por COVID-19. La hipótesis del estudio es que existe un gradiente social en la mortalidad por COVID-19 aún después de controlar por características individuales.

Materiales y métodos

Tipo de estudio y población

Se trata de un estudio observacional de datos secundarios, transversal, realizado con los datos de todos los casos positivos de COVID-19 identificados entre el 9 marzo de 2020 y el 29 de octubre de 2021 en Antioquia, Colombia.

Fuente de datos

Los datos sobre los casos de COVID-19 confirmados fueron tomados del Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila) (10). La información sobre la distribución de la población y de hogares fue obtenida del DANE (11, 14) y del Anuario Estadístico de la Dirección Seccional de Salud de Antioquia. Los indicadores socioeconómicos fueron obtenidos del DANE (12, 13).

Variables

Como variable dependiente se analizó: haber muerto por COVID-19 (1) o no (0). Como variables independientes a nivel-individual se incluyeron aquellas disponibles en la fuente de datos: edad (0–4, 5–9, 10–19, 20–29, 30–39,

40–49, 50–59, 60–69, 70–79, ≥ 80), sexo (masculino, femenino) y pertenencia étnica (minoría: indígena/rom/raizal/palenquero/negro, otro).

A nivel-municipal se analizaron:

Geográficas: subregión (Valle de Aburrá, Bajo Cauca, Magdalena Medio, nordeste, norte, occidente, oriente, suroeste, Urabá), ruralidad (ciudad, intermedio, rural y rural disperso).

Demográficas (para 2020): % de población masculina, % de población <20 años, % de población 65-74, % de población 75 y más, y densidad de hogares-km², % de población étnica (afrodescendiente, indígena, raizal, palenquero o rom).

De procesos de contagio: tasa de mortalidad (muertes por COVID-19/población total* 1,000habitantes), incidencia (casos Covid-19/población total * 1,000habitantes) y, letalidad (muertes por COVID-19/casos Covid-19*1.000 habitantes).

Socioeconómicas (construidas a partir de datos censales de 2018):

% de personas con necesidades básicas insatisfechas (NBI): mide la proporción de personas en condiciones de pobreza y miseria en cinco componentes: vivienda inadecuada, vivienda con servicios inadecuados, hacinamiento crítico, inasistencia escolar en niños y alta de dependencia económica.

Tasa de incidencia de pobreza multidimensional municipal: representa una aproximación de la medición de la pobreza multidimensional teniendo en cuenta cinco dimensiones: condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y juventud, salud, trabajo, acceso a servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda.

% de personas con barreras de acceso a los servicios de salud: representa la proporción de personas del hogar que no acceden al servicio institucional de salud ante una enfermedad que no requiere hospitalización en los últimos 30 días.

% de personas con hacinamiento crítico: representa la proporción de hogares con tres o más personas por cuarto para dormir, excluyendo cocina, baño y garaje e incluyendo, sala y comedor.

% de personas sin aseguramiento en salud: proporción de miembros del hogar mayores de cinco años sin aseguramiento a seguridad social en salud.

% de personas con trabajo informal: proporción de la población económicamente activa del hogar que son ocupados y no cotizan a fondo pensiones.

Los indicadores socioeconómicos fueron categorizados en quintiles para reducir problemas de no-linealidad. Cada quintil representa el 20 % de los municipios que pertenecen a las categorías bajo, medio-bajo, medio, medio alto y alto en los porcentajes de los indicadores. La distribución geográfica de estos indicadores en Antioquia se muestra en la Figura 1.

Análisis estadístico: dada la naturaleza jerárquica de los datos (casos anidados en municipios), se especificó un modelo multinivel de regresión logística (15); donde la variable dependiente es el riesgo individual de morir por el virus COVID-19 de una persona en un municipio, la cual, bajo el modelo logístico, es estimada como el log-odds de morir por COVID-19 comparado con la categoría de referencia (no morir por COVID-19). Para facilitar la comprensión de los efectos en términos de log-odds, estos se interpretan como odds ratio (OR) exponenciando cada

uno de los coeficientes de regresión ($\exp(\beta)$) del modelo multinivel. La parte fija del modelo incluye las variables independientes del nivel-1 (casos) y nivel-2 (municipios), cuyo efecto es estimado en la escala logit. Finalmente, la parte aleatoria del modelo está conformada por dos elementos: las diferencias no explicadas en el nivel-1 (entre individuos), para las cuales se asume una distribución binomial, y, los residuales a nivel municipal en escala logit. La varianza de estos residuales se conoce como la varianza no explicada del nivel-2 (municipios) que describe las diferencias intermunicipales en la probabilidad individual de morir por COVID-19 ajustado por las variables incluidas en la parte fija del modelo.

Para el análisis de asociación se ajustaron los siguientes modelos: en primer lugar, el modelo 1, el cual es un modelo jerárquico sin predictores que permite evaluar la heterogeneidad en la prevalencia de mortalidad por COVID-19 entre los municipios. Con los resultados de este modelo se realizaron los siguientes análisis descriptivos: 1) coeficiente de partición de varianza (CPV), que mide la proporción de la variabilidad de la mortalidad en cada nivel del análisis, brindando esto una descripción de la distribución geográfica de este evento en Antioquia y resalta la existencia de una posible dimensión contextual para el análisis de este fenómeno, 2) mediana del odds ratio (MOR) (16), MOR mide la variación en las prevalencias de la mortalidad por COVID-19 que no es explicada por las variables individuales. Cuanto mayor sea el valor de MOR, mayor es la variabilidad entre los municipios, y se interpreta como el incremento en la probabilidad individual de morir por COVID-19 que resultaría si una persona cambiara su residencia de un municipio de baja prevalencia de mortalidad por COVID-19 a uno con mayor prevalencia, 3) mapa de Antioquia representando el odds de mortalidad de cada municipio comparado con Antioquia.

En segundo lugar, al modelo 2, se construyó en dos etapas, en la primera se incluyeron predictores individuales (nivel-1) para investigar hasta dónde las diferencias entre los municipios son explicadas por características individuales (modelo 2), y en la segunda etapa, los predictores del nivel-2 fueron incluidos en el modelo para explorar si estas características se asocian a la mortalidad por COVID-19 ajustando por las características individuales (modelo 3). En este modelo fue revisada la multicolinealidad entre los predictores del nivel-2, encontrando una alta correlación. Para reducir este problema se ajustaron modelos separadamente para cada variable municipal. Los parámetros estimados por los modelos fueron analizados a través de pruebas-z, utilizándose una significancia estadística de p-valor <0.05 . Todos los modelos fueron estimados utilizando el software MLwiN 3.05 (17) y el método de estimación de cuasi-verosimilitud penalizada de 2º orden (PQL-2).

Resultados

En Antioquia, entre el 9 de marzo de 2020 y el 29 de octubre de 2021, se notificaron 755.624 casos de COVID-19 y 16.316 muertes, para una letalidad cruda del 2,16 % y una tasa de mortalidad global de 2,4 muertes por 1.000 habitantes. La Tabla 1 muestra la distribución prevalencia de mortalidad por esta causa y su relación con variables individuales y municipales. Respecto a la distribución por sexo, las mujeres representan el 52,67 % de los casos diagnosticados, y el 40,67 % de las muertes. Es decir que, hay 0.89 casos en hombres por cada caso en mujeres y 1,46 muertes en hombres por cada muerte en mujeres. Al observar la prevalencia de mortalidad por sexo, en hombres fallecen el 2,71 % de los casos diagnosticados, mientras que para las mujeres los casos fatales son del 1,67 %.

En relación a la edad, se encuentra que el promedio de edad de todos los casos es de 39,9 años, mientras que la de los fallecidos es de 68,34 años. En hombres, la edad promedio de los casos es de 38,74 años y de los fallecidos de 67,64. Por su parte, en las mujeres, la edad promedio de los casos es de 39,22 y de las fallecidas de 69,34. De acuerdo con la distribución de la prevalencia de mortalidad por grupos de edad se observa un aumento progresivo con la edad, observándose los mayores valores en los mayores de 60 años. Respecto a la distribución por grupo étnico, las minorías representan el 2,40 % de los casos. En población no étnica fallecen el 2,16 % de los casos diagnosticados, mientras que en los pertenecientes a grupos étnicos fallecen el 2,23 %. En cuanto a la distribución de los casos según las características de los municipios se observa que, Valle de Aburrá, oriente y Urabá concentran el 91,96 % de los casos, mientras que, Bajo Cauca, Magdalena medio y Urabá son las subregiones más afectadas por la pandemia en términos de mortalidad. Por su parte, municipios categorizados como ciudades, en el quintil de mejores condiciones socioeconómicas y de salud (según NBI, IPM, hacinamiento crítico y trabajo informal), y con menor aseguramiento en salud mostraron la mayor proporción de casos diagnosticados, pero los menores valores de prevalencia de mortalidad (Tabla 1).

Finalmente, entre los 125 municipios, el promedio de población masculina fue de 47.73 %; el promedio de población menor de 20 años fue de 28.36 %; el promedio de población de 65-74 años y de mayores de 75 años fue de 6.39 % y 3.72 %; el promedio de población étnica fue de 3.67 % y de densidad de hogares por k^2 de 1.739 hogares. El número promedio de casos confirmados de COVID-19 por 1.000 habitantes fue de 22.07; el número promedio de muertes relacionadas por COVID-19 por cada 1.000 habitantes fue de 2.85; y el número promedio de muertes relacionadas por COVID-19 por cada 1.000 casos diagnosticados fue de 21.59.

Tabla 1. Distribución porcentual de los casos de COVID-19, prevalencia de mortalidad por esta causa y su relación con variables individuales y municipales. Antioquia. Colombia. 2020-2021

	n	%	Prevalencia	valor-p
Nivel individual (n=755.624)				
Grupo étnico				0,89
Minoría étnica	18.037	2,40	2,23	
Otro	735.043	97,60	2,16	
Sexo				<0.001
Masculino	357.605	47,33	2,71	
Femenino	398.019	52,67	1,67	
Edad (años)				<0.001
0-4	11.807	1,56	0,09	
5-9	12.045	1,59	0,02	
10-19	51.995	6,88	0,02	
20-29	174.461	23,09	0,1	
30-39	178.940	23,68	0,31	
40-49	124.203	16,44	0,93	
50-59	99.671	13,19	2,34	
60-69	58.574	7,75	6,49	
70-79	28.353	3,75	14,64	
≥80	15.575	2,06	26,46	
Nivel de municipio (n=125)				
Subregión				<0.001
Valle de Aburrá	603.728	79,90	2,03	
Bajo Cauca	11.339	1,50	4,4	
Magdalena Medio	4.099	0,54	3,56	
Nordeste	9.305	1,23	2,75	
Norte	12.584	1,67	2,22	
Occidente	9.853	1,30	3,15	
Oriente	63.881	8,45	1,92	
Suroeste	13.563	1,79	3,02	
Urabá	27.272	3,61	3,51	
Necesidades básicas insatisfechas				<0.001*
Q1 (peores condiciones)	15.311	2,03	3,84	
Q2	18.767	2,48	3,53	
Q3	24.230	3,21	2,86	
Q4	30.833	4,08	2,88	
Q5 (mejores condiciones)	666.483	88,20	2,01	

	n	%	Prevalencia	valor-p
Pobreza multidimensional				<0.001*
Q1 (peores condiciones)	20.910	2,77	3,54	
Q2	24.448	3,24	3,30	
Q3	26.225	3,47	3,71	
Q4	18.779	2,49	2,77	
Q5 (mejores condiciones)	665.262	88,04	2,01	
Barreras de acceso a los servicios de salud				0,7154
Q1 (peores condiciones)	28.730	3,80	2,56	
Q2	46.374	6,14	2,69	
Q3	73.985	9,79	1,97	
Q4	521.992	69,08	2,15	
Q5 (mejores condiciones)	84.543	11,19	1,94	
Hacinamiento crítico				<0.001*
Q1 (peores condiciones)	48.133	6,37	3,53	
Q2	15.912	2,11	2,78	
Q3	83.652	11,07	2,05	
Q4	433.896	57,42	2,17	
Q5 (mejores condiciones)	174.031	23,03	1,75	
Personas sin aseguramiento en salud				0,0907
Q1 (peores condiciones)	630.166	83,40	2,09	
Q2	65.816	8,71	1,99	
Q3	37.849	5,01	3,26	
Q4	14.894	1,97	2,68	
Q5 (mejores condiciones)	6.899	0,91	3,19	
Trabajo informal				<0.001*
Q1 (peores condiciones)	15.127	2,00	3,95	
Q2	20.070	2,66	3,91	
Q3	19.471	2,58	2,80	
Q4	30.708	4,06	2,96	
Q5 (mejores condiciones)	670.248	88,70	2,01	
% Población masculina (\bar{x} ; rango)	47,73	(46,04 – 61,14)		0,871
% Población <20 años (\bar{x} ; rango)	28,36	(21,01 – 57,47)		<0.001
% Población 65-74 (\bar{x} ; rango)	6,39	(2,03 – 10,07)		0,448
% Población 75 y más (\bar{x} ; rango)	3,72	(1,53 – 6,98)		0,955
% Población étnica (\bar{x} ; rango)	3,67	(0,15 – 94,83)		0,066
Densidad de hogares (km ²) (\bar{x} ; rango)	1.739,2	(0,99 – 4631,71)		0,002
Tasa de mortalidad * 1000 (\bar{x} ; rango)	2,85	(0,12 – 3,48)		0,104
Incidencia de * 1000 (\bar{x} ; rango)	22,07	(0,00 – 117,00)		0,292
Letalidad * 1000 (\bar{x} ; rango)	21,59	(5,75 – 77,46)		<0.001

Fuente: elaboración propia.

Según la Figura 1, existe alta variabilidad en el riesgo de mortalidad entre los municipios (varianza intermunicipios = 0.15, $p < 0.001$). Los riesgos significativamente mayores a los de Antioquia se observaron en San Pedro, Nechí, Turbo, Necoclí, Puerto Nariño, Cañasgordas, Caucasia, Frontino, Concordia, Chigorodó, Santa Bárbara, Mutatá, Sonsón, Vegachí y El Bagre. Entre los municipios con menores riesgos de mortalidad comparados con Antioquia se encontraron Rionegro, Buriticá, Ituango, Itagüí, Caldas, la Estrella, Sabaneta,

San Vicente, Remedios, Bello, Copacabana y Envigado.

Este resultado del patrón espacial de la mortalidad por COVID-19 en Antioquia tiene semejanza con el patrón espacial de algunos de los indicadores municipales (Figura 1). Tal y como se muestra, las condiciones socioeconómicas de mayor vulnerabilidad se observan marcadamente en los municipios del norte y occidente del departamento.

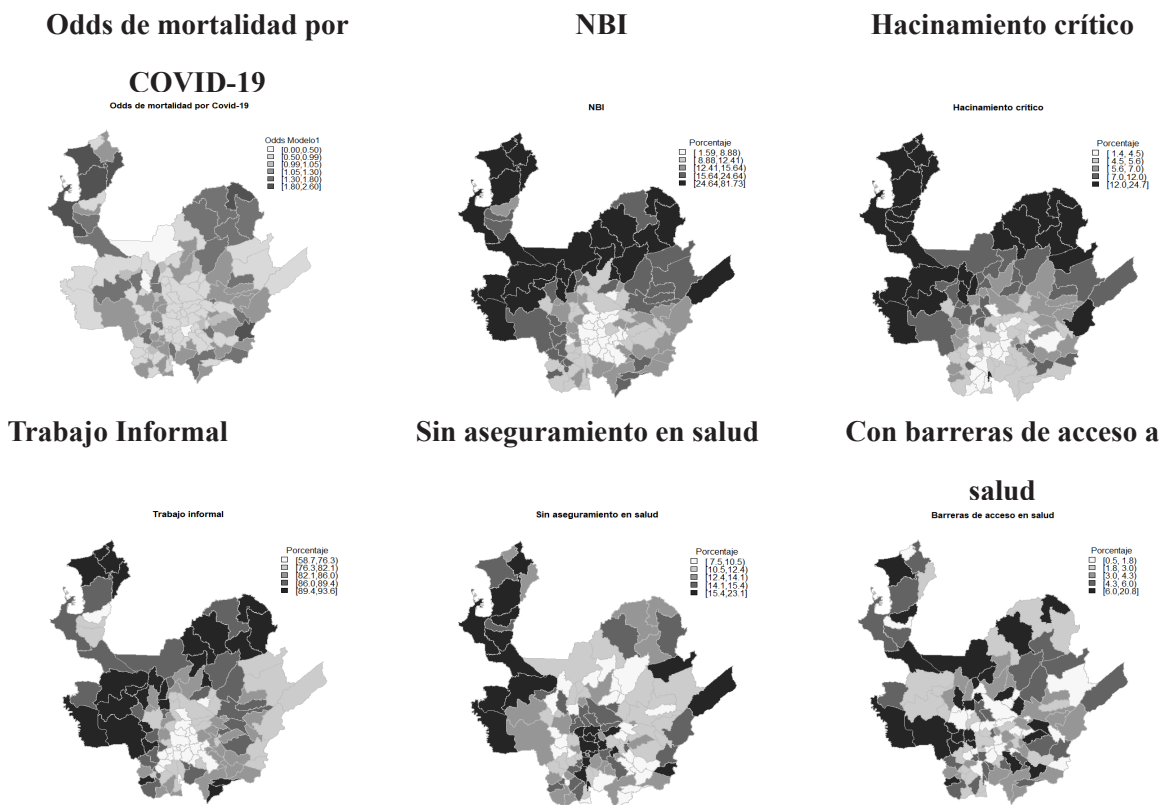


Figura 1. Mapa del odds de mortalidad por COVID-19 derivados del modelo 1, y de algunos indicadores municipales según quintiles. Antioquia 2020.

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 2 muestra los resultados de los modelos multinivel. La estimación del CPV del modelo 1, indicó que, del total de la varianza del riesgo de mortalidad el 4.36 % puede deberse a condiciones de los municipios, sugiriendo la necesidad de investigar el riesgo de mortalidad con técnicas de análisis multinivel. Así mismo, el valor de la mediana del Odds (MOR) evidenció que la probabilidad individual de fallecer por COVID-19 puede incrementar en un 57 % pasando de un municipio de baja prevalencia de mortalidad a uno de alta prevalencia.

Por su parte, el análisis multivariado del modelo 2 revela que las variables del nivel individual reducen significativamente las diferencias entre los municipios en el riesgo de morir por COVID-19, resultando en una estimación de CPV de 2.91 % (Tabla 2). Los hombres y los mayores grupos de edad mostraron significativamente mayores odds de mortalidad comparados con las mujeres y con los más jóvenes. Por su parte, la pertenencia a minorías étnicas no resultó estadísticamente asociada a la mortalidad por COVID-19.

Después de controlar por variables-individuales (modelo 2), residir en las subregiones de Urabá, Bajo Cauca, Magdalena Medio, occidente y nordeste incrementó en más del 30 % la probabilidad de morir por COVID-19 comparado con residir en el Valle de Aburrá. Así mismo, se observa que el incremento en el porcentaje municipal de personas con necesidades básicas insatisfechas (OR=1.67), pobreza multidimensional (OR=1.51), hacinamiento crítico (OR=1.89), y en trabajo informal (OR=1.54) se asoció con un aumento

en la probabilidad de muerte comparado con los municipios de referencia (Tabla 2). Por su parte, incrementos en el porcentaje municipal de población joven, de minorías étnicas, de la tasa de mortalidad y de letalidad hizo más probable que los individuos fallecieran por COVID-19. Así mismo, mayores porcentajes de población mayor de 65 años y del número de hogares por km² disminuye la probabilidad de muerte por COVID-19. Finalmente, el efecto de ruralidad, porcentaje de población masculina, de personas con barreras de acceso a servicios de salud, personas sin aseguramiento en salud e incidencia de COVID-19 no se mostraron estadísticamente asociadas al riesgo de mortalidad por COVID-19 (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis ajustado del riesgo de mortalidad por COVID-19 en relación a variables individuales. Antioquia. Colombia. 2020-2021

Variable	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3	
	Estimación (IC 95%)	Valor-p	Estimación (IC 95%)	Valor-p	Estimación (IC 95%)	Valor-p
Nivel individual						
Intercepto	-3,56 (-3,64;-3,48)	< 0,001	-7,17 (-7,76;-6,57)		7,17 (-7,76;-6,57)	
Grupo étnico				0,357		0,357
Minoría étnica			-0,05 (-0,16;0,06)		-0,05 (-0,16;0,06)	
Otro			1,00		1,00	
Sexo				<0.001		<0.001
Masculino			0,59 (0,56;0,63)		0,59 (0,56;0,63)	
Femenino			1,00		1,00	
Edad (años)				<0.001		<0.001
0–4			1,00		1,00	
5–9			-1,31 (-2,59;-0,04)		-1,31 (-2,59;-0,04)	
10–19			-1,38 (-2,2;-0,57)		-1,38 (-2,2;-0,57)	
20–29			0,1 (-0,51;0,71)		0,1 (-0,51;0,71)	
30–39			1,21 (0,61;1,81)		1,21 (0,61;1,81)	
40–49			2,31 (1,71;2,9)		2,31 (1,71;2,9)	
50–59			3,27 (2,67;3,86)		3,27 (2,67;3,86)	
60–69			4,34 (3,74;4,93)		4,34 (3,74;4,93)	
70–79			5,24 (4,65;5,84)		5,24 (4,65;5,84)	
≥80			6,01 (5,42;6,61)		6,01 (5,42;6,61)	
Nivel de municipio						
Subregión						<0.001
Valle de Aburrá					1,00	
Bajo Cauca					0,71 (0,49;0,93)	
Magdalena Medio					0,49 (0,22;0,77)	
Nordeste					0,36 (0,15;0,58)	
Norte					0,15 (-0,06;0,36)	
Occidente					0,37 (0,18;0,57)	
Oriente					0,08 (0,08;0,24)	
Suroeste					0,18 (0,01;0,36)	
Urabá					0,74 (0,56;0,92)	

Variable	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3	
	Estimación (IC 95%)	Valor-p	Estimación (IC 95%)	Valor-p	Estimación (IC 95%)	Valor-p
Necesidades básicas insatisfechas						<0.001*
Q1 (peores condiciones)					0,52 (0,34;0,69)	
Q2					0,36 (0,19;0,54)	
Q3					0,28 (0,11;0,46)	
Q4					0,17 (0,00;0,35)	
Q5 (mejores condiciones)					1,00	
Pobreza multidimensional						<0.001*
Q1 (peores condiciones)					0,41 (0,22;0,6)	
Q2					0,27 (0,08;0,46)	
Q3					0,34 (0,15;0,52)	
Q4					0,18 (0,00;0,36)	
Q5 (mejores condiciones)					1,00	
Barreras de acceso a los servicios de salud						0,102
Q1 (peores condiciones)					0,15 (-0,08;0,38)	
Q2					0,18 (-0,05;0,39)	
Q3					0,06 (-0,17;0,28)	
Q4					0,05 (-0,16;0,27)	
Q5 (mejores condiciones)					1,00	
Hacinamiento crítico						<0.001*
Q1 (peores condiciones)					0,64 (0,49;0,79)	
Q2					0,3 (0,13;0,47)	
Q3					0,23 (0,07;0,4)	
Q4					0,22 (0,06;0,38)	
Q5 (mejores condiciones)					1,00	
Personas sin aseguramiento en salud						0,3227
Q1 (peores condiciones)					0,14 (-0,11;0,38)	
Q2					0,13 (-0,12;0,39)	
Q3					0,24 (-0,02;0,49)	
Q4					0,03 (-0,23;0,3)	
Q5 (mejores condiciones)					1,00	

Variable	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3	
	Estimación (IC 95%)	Valor-p	Estimación (IC 95%)	Valor-p	Estimación (IC 95%)	Valor-p
Trabajo informal						<0.001*
Q1 (peores condiciones)					0,43 (0,24;0,62)	
Q2					0,25 (0,05;0,45)	
Q3					0,14 (-0,05;0,33)	
Q4					2,6 (-0,07;0,44)	
Q5 (mejores condiciones)					1,00	
% Población masculina					0.00 (-0,04;0,04)	0,92
% Población <20 años					0,03 (0,02;0,04)	<0.001
% Población 65-74					-0,09 (-0,13;-0,06)	<0.001
% Población 75 y más					-0,12 (-0,18;-0,06)	<0.001
% Población étnica					0.01 (0.00;0.01)	<0.001
Densidad de hogares (Km2)					-0.00 (-0.00;0.00)	0,044
Tasa mortalidad * 1000					0,16 (0,05;0,27)	0,006
Incidencia * 1000					0.00 (-0.00;0.00)	0,193
Letalidad * 1000					0,02 (0,02;0,03)	<0.001
Parte aleatoria						
Varianza nivel-2	0,15 (0,1;0,2)	<0,001	0,1 (0,06;0,14)	<0.001		
CPV (%)	4.36		2.91			
MOR	1.57		1.44			

*Prueba de tendencia lineal, IC= intervalo de confianza, CPV= coeficiente de partición de varianza, MOR= mediana del OR.

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Este estudio evidenció que entre los municipios de Antioquia existe una alta heterogeneidad geográfica en el riesgo de mortalidad por COVID-19 y un gradiente social negativo, el cual no fue completamente explicado por las condiciones individuales de las personas diagnosticadas. Según los resultados, en Antioquia, territorios con

elevada vulnerabilidad social tuvieron mayor riesgo de mortalidad por COVID-19.

Esta variabilidad geográfica en la mortalidad fue igualmente encontrada en diferentes territorios como España, Brasil, Estados Unidos, Inglaterra, Indonesia y China, la cual, igualmente estuvo significativamente asociada con algunas variables sociodemográficas a nivel individual y nivel contextual (18-20).

En términos de características individuales como edad y sexo, los resultados son consistentes con la evidencia disponible. En primer lugar, se identificó una asociación positiva entre riesgo de mortalidad y edad avanzada: adultos mayores de 80 años tienen mayor odds de mortalidad que aquellos en sus 60 y 70 años. La explicación más plausible para este hallazgo fue la influencia del sistema inmune, debido a la disminución de la función de las células inmunitarias en este extremo de la vida; es decir, adultos mayores (21). También, se consideró la alternativa de que las personas de mayor edad tuvieron menos probabilidad de realizarse la prueba por dificultades para el desplazamiento al lugar de atención, o por creencias para adherirse a las medidas de prevención, o las preocupaciones de quedar en cuidados en el centro hospitalario (22).

De la misma forma que en otros estudios, se encontró mayor riesgo de mortalidad por COVID-19 entre la población masculina, explicándose, posiblemente por los diversos factores comportamentales y biológicos. Estudios afirman que las mujeres tienen actitudes más responsables y de cuidado que los hombres (23), además de que estos últimos tienden a acudir a los servicios de salud en las fases más graves de la enfermedad, cuando generalmente son menores los recursos terapéuticos (24). Adicionalmente se ha logrado establecer que los hombres tienen una mayor expresión de la enzima convertidora de angiotensina-2 (ACE2), que podría ser el receptor de SARS-CoV-2 y factores hormonales (4, 23).

Contrario a otros estudios (24, 25), este análisis no encontró diferencias en la mortalidad por COVID-19 entre población perteneciente a minorías étnicas y población general. Sin embargo, la falta de evidencia probablemente sea explicada por el bajo número de personas clasificadas en grupos como afrodescendientes,

indígenas, raizales, palenqueros y rom. Según los resultados, en la Tabla 1 solamente el 2,4 % de los casos positivos de COVID-19 se registraron como pertenecientes a estas categorías. Según el Instituto Nacional de Salud (4), la consistencia y calidad del registro de la variable etnia para los casos de personas positivas de COVID-19 depende del correcto diligenciamiento de la variable por los profesionales de salud que notificaron los casos, del autorreconocimiento de la persona cuando se le preguntó por esta variable y del listado censal que mantengan actualizados los departamentos. Por tratarse de un estudio con datos secundarios, el presente estudio solo evaluó la completitud de los datos (% de registro) de las variables independientes; por lo tanto, la conclusión sobre este resultado debe analizarse con cautela, teniendo en cuenta que se ha reportado la existencia de disparidades raciales en la mortalidad por COVID-19, en donde se sugiere que las tasas de mortalidad son mayores entre las personas pertenecientes a grupos étnicos minoritarios (20, 24, 26, 27).

Los hallazgos permitieron corroborar que los municipios antioqueños con una mayor proporción de personas pobres, pertenecientes a minorías étnicas, con condiciones de vivienda de hacinamiento y con alta proporción de empleo informal tienen mayores riesgos de mortalidad por COVID-19. Resultados similares fueron encontrados en otros estudios donde por ejemplo, en Estados Unidos la tasa de mortalidad por COVID-19 fue seis veces mayor en condados predominantemente negros comparados con áreas predominantemente de blancos (28).

Por su parte, Millán-Guerrero et al. (7), encontraron que personas residentes de municipios con extrema pobreza presentaron 8 % mayor riesgo de morir por COVID-19 que aquellos que residen en municipios no pobres. Por su parte, en el estudio de Kamis et al. (29),

de Fuenzalida (30) y de Consolazio et al. (9), demostraron que vivir en áreas caracterizadas con índices elevados de hacinamiento se relaciona positivamente con el riesgo de mortalidad por COVID-19. Según los autores, este resultado puede sugerir que aunque la proporción de viviendas en hacinamiento es frecuentemente utilizado como un marcador de pobreza, su efecto independiente puede deberse a que áreas con bajo hacinamiento podrían estar más beneficiadas de la aplicación de medidas como el distanciamiento físico y, por el contrario, áreas en donde las viviendas tienen menor espacio disponible implican mayor posibilidad de transmisión persona-a-persona en los momentos en que un miembro del hogar resulta infectado.

En cuanto a la relación directa entre mortalidad por Covid-19 y la proporción de empleados informales, es consistente con otros estudios en los cuales se ha explicado este hallazgo como el reflejo de la situación de desventaja experimentada por las personas que habitan en estos contextos de alta informalidad (9). Quienes típicamente son personas con bajo nivel educativo que realizan labores poco calificadas y que no pueden beneficiarse de las medidas de trabajo en casa; haciendo esto necesaria su movilidad para conseguir el salario y poniéndolos en riesgo de contagio cuando comparados con personas con empleos más calificados.

Por otro lado, este estudio encontró que la proporción de población mayor de 65 y 75 años se mostró inversamente relacionada con la mortalidad por COVID-19, mientras que la proporción de menores de 20 años estuvo positivamente asociada. Ambos hallazgos son congruentes con el estudio de Chan et al. (31) y de Whittle et al. (20), quienes sugieren que el primer resultado podría explicarse por los patrones de comportamiento y actitudes de

esta población, quienes conscientes del riesgo incrementado de la mortalidad a medida que la edad avanza se adhieren con mayor efectividad a las medidas de prevención de salud pública. Por lo contrario, los autores sugieren que la población joven al no sentirse potencialmente en mayor riesgo que la población adulta, puede adoptar comportamientos de mayor riesgo para la mortalidad por COVID-19.

Comparadas con el Valle de Aburrá, subregiones como Urabá, Bajo Cauca, Magdalena Medio y occidente presentaron los mayores riesgos de mortalidad. Esta heterogeneidad espacial ha sido igualmente observada en diferentes estudios, sugiriendo que ciertas características socioeconómicas podrían relacionarse con el patrón de mortalidad en ciertas regiones, esto debido a las variaciones en cultura, normas comportamentales, sistemas de transporte, sistemas de salud o los patrones de migración que explican la dinámica de propagación del virus (32). Por ejemplo, en Antioquia, regiones como Urabá que se caracterizan por su alto movimiento económico y social con frecuentes llegadas internacionales, lo que puede haber facilitado la propagación del contagio, con su consecuente aumento en el número de casos y posteriormente, en el número de muertes. Así mismo, las diferencias entre las subregiones en su infraestructura de transporte y los patrones de movilidad de personas dentro de la región y/o hacia afuera de ella pueden llevar a un alto número de contagios, siendo así más probable el observar un número considerable de muertes. También, algunas regiones pueden tener mejor equipos y preparación para afrontar la pandemia, al igual que adecuados planes para la identificación de los casos, su atención, y mayor disponibilidad de personal para atenderlos; mientras que otras regiones no tanto.

Este trabajo está sujeto a algunas limitaciones las cuales se resaltarán. En primer lugar, debido a la no disponibilidad de datos no se incluyeron variables socioeconómicas o de comorbilidades a nivel-individual; las cuales posiblemente reducirían el efecto de las variables municipales. Segundo, por tratarse de un análisis con diseño transversal, no es posible concluir acerca de relaciones causales entre los predictores analizados y la mortalidad por COVID-19. La confirmación de la temporalidad entre estas relaciones requeriría estudios adicionales de diseño longitudinal. Otra limitación se relaciona con el sesgo de Unidad de Área Modificable (33) que limita las inferencias de resultados solamente a nivel-municipal, no permitiendo que puedan aplicarse a escalas geográficas menores, los cuales, por tener mayor proximidad a los individuos, pueden evidenciar mayores efectos contextuales. Considerando esto, sería recomendable reproducir este análisis con una variable geográfica más proximal como el barrio. Finalmente, se puede considerar la posibilidad de subregistro, dado que se desconoce la consistencia entre los datos derivados de la fuente utilizada por este trabajo y los de la base de datos de mortalidad del DANE.

Conclusiones

Este estudio encontró que las variaciones geográficas en la mortalidad por COVID-19 no solamente se explican por discrepancias demográficas a nivel individual, sino también por factores demográficos y socioeconómicos que caracterizan los lugares.

Los hallazgos sugieren que, en Antioquia, los municipios con concentración de personas de bajas condiciones socioeconómicas, en empleos poco estables e informales, con altos niveles de pobreza multidimensional, hacinamiento crítico y barreras de acceso a los servicios de salud tienen en promedio mayores riesgos de mortalidad que áreas con residentes cuyas necesidades básicas se encuentran cubiertas, tienen acceso a la salud y empleos formales. Estos resultados son importantes para apoyar el proceso de priorización para la distribución de recursos en salud en los municipios de mayor vulnerabilidad socioeconómica y demográfica.

Agradecimientos: los autores agradecen al Centro Internacional para la Equidad en Salud y la iniciativa Countdown to 2030 por su entrenamiento sobre monitoreo y medición de desigualdades en salud.

Referencias bibliográficas

1. Da Rosa Mesquita R, Francelino Silva Junior LC, Santos Santana FM, Farias de Oliveira T, Campos Alcântara R, Monteiro Arnozo G, et al. Clinical manifestations of COVID-19 in the general population: systematic review. *Wiener klinische Wochenschrift* [Internet]. 2021;133(7–8):377-82. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00508-020-01760-4>
2. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard | WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard With Vaccination Data [Internet]. [citado 11 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://covid19.who.int/>
3. Diaz H, España G, Castañeda N, Rodriguez L, de la Hoz-Restrepo F. Dynamical characteristics of the COVID-19 epidemic: Estimation from cases in Colombia. *Int J Infect Dis* [Internet]. 2021; 105:26-31. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33529705/>

4. Instituto Nacional de Salud, Observatorio Nacional de Salud. Informe 12: COVID-19 en Colombia, consecuencias de una pandemia en desarrollo [Internet]. Bogotá DC; 2020 [citado 10 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/12COVID-19 en Colombia, pandemia en desarrollo.pdf>
5. Moreno-Montoya J, Ballesteros SM, Idrovo AJ. COVID-19 distribution in Bogotá, Colombia: effect of poverty during the first 2 months of pandemic. *J Epidemiol Community Health* [Internet]. 2021; 76(2): 116-120. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34193568/>
6. Rodríguez-Villamizar LA, Belalcázar-Ceron LC, Fernández-Niño JA, Marín-Pineda DM, Rojas-Sánchez OA, Acuña-Merchán LA, et al. Air pollution, sociodemographic and health conditions effects on COVID-19 mortality in Colombia: An ecological study. *Sci Total Environ*. 2021; 756:144020.
7. Millán-Guerrero RO, Caballero-Hoyos R, Monárrez-Espino J. Poverty and survival from COVID-19 in Mexico. *J Public Health (Bangkok)* [Internet]. 2021; 43(3):437-444. Disponible en: <https://academic.oup.com/jpubhealth/article/43/3/437/6046291>
8. Bray I, Gibson A, White J. Coronavirus disease 2019 mortality: a multivariate ecological analysis in relation to ethnicity, population density, obesity, deprivation and pollution. *Public Health* [Internet]. 2020; 185:261-263. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32693249/>
9. Consolazio D, Murtas R, Tunesi S, Gervasi F, Benassi D, Russo AG. Assessing the Impact of Individual Characteristics and Neighborhood Socioeconomic Status During the COVID-19 Pandemic in the Provinces of Milan and Lodi. *Int J Heal Serv* [Internet]. 2021; 51(3):311-324. Disponible en: <https://acortar.link/PppA1n>
10. Casos positivos de COVID-19 en Colombia | Datos Abiertos Colombia [Internet]. [citado 31 de enero de 2022]. Disponible en: <https://acortar.link/ViJpZp>
11. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 [Internet]; 2018 [citado 31 de enero de 2022]. Disponible en: <https://acortar.link/2c6>
12. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Medida de pobreza multidimensional de fuente censal [Internet]. 2018 [citado 31 de enero de 2022]. Disponible en: <https://acortar.link/dtIOMf>
13. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Justificación de actualización de los datos del NBI [Internet]. Bogotá [citado 31 de enero de 2022]. Disponible en: <https://acortar.link/2t9Ubh>
14. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Población censada por grupo étnico en los municipios de Antioquia. Censo 2018 [Internet]. [citado 2022 Jan 31]. Disponible en: <http://www.antioquiadatos.gov.co/index.php/poblacion-319>
15. Duncan C, Jones K, Moon G. Context, composition and heterogeneity: Using multilevel models in health research. *Soc Sci Med*. 1998; 46(1):97-117.
16. Merlo J, Chaix B, Yang M, Lynch J, Råstam L. A brief conceptual tutorial of multilevel analysis in social epidemiology: linking the statistical concept of clustering to the idea of contextual phenomenon. *J Epidemiol Community Health* [Internet]. 2005; 59(6):443-449. Disponible en: <https://jech.bmj.com/content/59/6/443>
17. C C, J R, W J B, M H, B C. MLwiN | Centre for Multilevel Modelling | University of Bristol [Internet]. 2020 [citado 2022 Jan 31]. Disponible en: <http://www.bristol.ac.uk/cmm/software/mlwin/>
18. Surendra H, Salama N, Lestari KD, Adrian V, Widyastuti, Oktavia D, et al. Pandemic inequity in a megacity: a multilevel analysis of individual, community and health care vulnerability risks for COVID-19 mortality in Jakarta, Indonesia. *medRxiv* [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.11.24.21266809v1>
19. Cavalini LT, De Lon ACMP. Morbidity and mortality in Brazilian municipalities: a multilevel study of the association between socioeconomic and healthcare indicators. *Int J Epidemiol* [Internet]. 2008; 37(4):775-783. Disponible en: <https://academic.oup.com/ije/article/37/4/775/735301>
20. Whittle RS, Diaz-Artiles A. An ecological study of socioeconomic predictors in detection of COVID-19 cases across neighborhoods in New York City. *BMC Med* [Internet]. 2020; 18(1):1-17. Disponible en: <https://bmcmecine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12916-020-01731-6>

21. Cifuentes MP, Rodriguez-Villamizar LA, Rojas-Botero ML, Alvarez-Moreno CA, Fernández-Niño JA. Socioeconomic inequalities associated with mortality for COVID-19 in Colombia: a cohort nationwide study. *J Epidemiol Community Health* [Internet]. 2021; 75(7):610-615. Disponible en: <https://jech.bmj.com/content/75/7/610>
22. Chadeau-Hyam M, Bodinier B, Elliott J, Whitaker MD, Tzoulaki I, Vermeulen R, et al. Risk factors for positive and negative COVID-19 tests: A cautious and in-depth analysis of UK biobank data. *Int J Epidemiol*. 2020; 49(5):1454-1467.
23. Lyu T, Hair N, Yell N, Li Z, Qiao S, Liang C, et al. Temporal geospatial analysis of covid-19 pre-infection determinants of risk in South Carolina. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(18):9673.
24. Mascarello KC, Vieira ACBC, Souza ASS de, Marcarini WD, Barauna VG, Maciel ELN. Hospitalização e morte por COVID-19 e sua relação com determinantes sociais da saúde e morbidades no Espírito Santo: um estudo transversal. *Epidemiol Serv Saude*. 2021; 30(3):e2020919.
25. Liao TF, De Maio F. Association of Social and Economic Inequality With Coronavirus Disease 2019 Incidence and Mortality Across US Counties. *JAMA Netw Open* [Internet]. 2021; 4(1):e2034578-e2034578. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2775303>
26. Porto EF, Domingues AL, Souza AC de, Miranda MKV, Froes MB da C, Pasqualinoto SRV. Mortalidade por Covid-19 no Brasil: perfil sociodemográfico das primeiras semanas. *Res Soc Dev*. 2021; 10(1):e34210111588.
27. Rosa MFP, Silva WNT da, Faria CPG, Rende VF, Oliveira SV de, Raimondi GA. Inequity in access to health and racism in: epidemiological analysis during the COVID-19 pandemic. *J Heal NPEPS* [Internet]. 2021; 6(2). Disponible en: <https://periodicos.unemat.br/index.php/jhnpeps/article/view/5594>
28. Yancy CW. COVID-19 and African Americans. *JAMA* [Internet]. 2020; 323(19):1891-1892. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2764789>
29. Kamis C, Stolte A, West JS, Fishman SH, Brown T, Brown T, et al. Overcrowding and COVID-19 mortality across U.S. counties: Are disparities growing over time? *SSM - Popul Heal* [Internet]. 2021; 15:100845. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352827321001208>
30. Fuenzalida M. COVID-19 y las desigualdades territoriales al interior de Áreas Metropolitanas de Valparaíso, Santiago y Concepción, Chile. *Espiral, revista de geografías y ciencias sociales* [Internet]. 2020; 2(4):79-89. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/espiral/article/view/19535>
31. Chan JFW, Yuan S, Kok KH, To KKW, Chu H, Yang J, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *Lancet* [Internet]. 2020; 395(10223):514-523. Disponible en: <http://www.thelancet.com/article/S0140673620301549/fulltext>
32. Zhu M, Kleebua J, Guan Z, Chew SP, Tan JW, Shen J, et al. Early Spatiotemporal Patterns and Population Characteristics of the COVID-19 Pandemic in Southeast Asia. *Healthc* [Internet]. 2021; 9(9):1220. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9032/9/9/1220/htm>
33. Fotheringham AS, Wong DWS. The Modifiable Areal Unit Problem in Multivariate Statistical Analysis. *Environment and planning A: Economy and Space* [Internet]. 2016; 23(7):1025-1044. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1068/a231025>