

Mortalidad por COVID-19 en los municipios brasileños: análisis de los factores determinantes entre 2020 y 2021

Luciana Correia Alves¹

Laetícia R. De Souza²

Recibido: 27/04/2021

Aceptado: 15/07/2021

Resumen

Se analizan los determinantes de la mortalidad por COVID-19 en los municipios brasileños en 2020-2021. La variable dependiente es la tasa de mortalidad por COVID-19 a nivel municipal. Las variables municipales independientes se dividieron en cuatro bloques: infraestructura urbana, variables sociodemográficas y económicas, confinamiento y temperatura, y salud. Se emplearon modelos de regresión binomial negativa simples y múltiples. El número de unidades o centros de terapia intensiva, el coeficiente de Gini y la localización en la región Centro-Oeste presentaron las mayores asociaciones. La educación secundaria completa y el número de camas de hospital configuraron factores de protección. Un mayor porcentaje de beneficiarios de la ayuda de emergencia proporcionada por el Estado estaba asociado con una mayor mortalidad. Debido a la vacunación todavía incipiente y a la mayor transmisibilidad de las nuevas variantes del virus, es imprescindible entender las características de los municipios más afectados enriqueciendo el debate sobre las medidas eficaces de lucha contra la enfermedad.

Palabras clave: COVID-19, virus, epidemias, mortalidad, medición, tasa de mortalidad, divisiones administrativas y políticas, condiciones económicas, condiciones sociales, desigualdades regionales, Brasil.

¹ Doctora en Salud Pública, Profesora Adjunta del Instituto de Filosofía y Ciencias Humanas (IFCH) e investigadora científica del Departamento de Estudios de Población “Elza Berquó” de la Universidad Estadual de Campinas. Correo electrónico: lcalves@unicamp.br.

² Doctora en Demografía e investigadora asociada del Departamento de Estudios de Población “Elza Berquó” de la Universidad Estadual de Campinas. Correo electrónico: laeticia@unicamp.br.

Abstract

This paper analyses the determinants of COVID-19 mortality in Brazilian municipalities in 2020-2021. The dependent variable is the COVID-19 mortality rate at the municipal level. The independent variables for municipalities were divided into four categories: urban infrastructure, sociodemographic and economic variables, lockdown and temperature, and health. Simple and multiple negative binomial regression models were used. The number of intensive care units or centres, the Gini coefficient and location in the Centre-West Region showed the strongest associations. Completed secondary education and the number of hospital beds were protection factors. A large percentage of recipients of State-provided emergency assistance was associated with higher mortality. Since vaccination is still in its early stages and new variants of the virus are more transmissible, understanding the characteristics of the most affected municipalities is essential as this will inform the debate on effective disease control measures.

Keywords: COVID-19, viruses, epidemics, mortality, measurement, death rate, administrative and political divisions, economic conditions, social conditions, regional disparities, Brazil.

Résumé

Cette étude analyse les déterminants de la mortalité par COVID-19 dans les municipalités brésiliennes en 2020-2021. La variable dépendante est le taux de mortalité COVID-19 à l'échelle municipale. Les variables indépendantes municipales ont été réparties en quatre catégories: infrastructure urbaine, variables sociodémographiques et économiques, confinement et température, et santé. Pour ce faire, des modèles de régression binomiale négative simple ont été utilisés. Les associations les plus fortes concernaient le nombre d'unités ou de centres de soins intensifs, le coefficient de Gini et la localisation dans la région du centre-ouest. Le fait d'avoir terminé ses études secondaires et le nombre de lits d'hôpitaux étaient des facteurs de protection. Un pourcentage plus élevé de bénéficiaires de l'aide d'urgence fournie par l'État a été associé à un taux de mortalité plus élevé. En raison de la vaccination encore embryonnaire et de la transmissibilité accrue des nouvelles variantes du virus, il est essentiel de mieux connaître les caractéristiques des municipalités les plus touchées, afin d'enrichir le débat sur les mesures efficaces de lutte contre la maladie.

Mots clés: COVID-19, virus, épidémies, mortalité, mesure, taux de mortalité, divisions administratives et politiques, conditions économiques, conditions sociales, disparités régionales, Brésil.

Introducción³

En diciembre de 2019 aparecieron los primeros casos y registros de un nuevo virus en la ciudad de Wuhan, en China. Desde el principio, se constató que la enfermedad era grave y compleja y que sus consecuencias en el sistema de salud eran enormes.

El coronavirus del síndrome respiratorio agudo grave de tipo 2 (SARS-CoV-2), también conocido como coronavirus, es una mutación del SARS-CoV (Cheng y otros, 2007) identificado en 2003 por Rota y otros (2003). La nueva enfermedad transmitida por el coronavirus se ha denominado COVID-19. La propagación del virus adquirió dimensiones mundiales y el 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que el COVID-19 podía caracterizarse como una pandemia (Kluge, 2020).

De acuerdo con los datos proporcionados por el Centro de Ciencia e Ingeniería de Sistemas (CSSE) de la Universidad Johns Hopkins, al 30 de marzo de 2021 se contabilizaban 127.788.017 casos y 2.794.421 muertes en todo el mundo (Universidad Johns Hopkins, 2021).

Para hacer frente a la gravedad de la enfermedad y las posibles medidas para su gestión es preciso basarse en la experiencia de los primeros países en enfrentarla, donde se observó que si bien el coronavirus infecta a personas de todas las edades, las personas mayores y las personas con comorbilidades constituyen el grupo de población de mayor riesgo (Kolifarhood y otros, 2020). En algunos países, como en el caso específico del Brasil, el perfil de edad de la enfermedad ha ido cambiando, pues hay cada vez más jóvenes afectados, y se registra un aumento del tiempo de hospitalización para el tratamiento de la enfermedad con el descubrimiento de nuevas variantes del virus (Fundación Oswaldo Cruz, 2021; ECDC, 2020).

La pandemia de COVID-19 planteó grandes retos en todo el mundo porque aún no se dispone de opciones terapéuticas seguras y vacunas para la mayor parte de la población a fin de contener el avance del SARS-CoV-2. Las principales dificultades para controlar el virus son la falta de planificación para la atención adecuada de la población, el establecimiento de políticas públicas de control social y la escasez de pruebas para detectar la enfermedad. Hasta el momento, se observa que en los países donde se aplicaron medidas de confinamiento en forma oportuna se redujo la propagación de la enfermedad y se aplanaron las curvas epidémicas (Yezli y Khan, 2020).

El virus se distribuye de forma desigual entre las poblaciones vulnerables. Esta vulnerabilidad puede incluir a las personas mayores, las personas que viven en zonas con alta densidad de población o tienen un bajo nivel socioeconómico, los migrantes y las minorías. Estos grupos de población suelen tener altas tasas de enfermedades crónicas, que pueden redundar en un alto riesgo de infecciones y consecuencias más graves de la enfermedad (Dorn, Cooney y Sabin, 2020; Yancy, 2020).

³ Las autoras agradecen la colaboración de Eryka Gomes, alumna becaria del Servicio de Apoyo al Estudiante de La Universidad Estadual de Campinas (SAE/UNICAMP).

La selección de las variables incluidas en los modelos (véase el cuadro 1) se basó en estudios anteriores sobre los factores asociados a la pandemia de COVID-19 y también estuvo sujeta a la disponibilidad de los datos. De acuerdo con la literatura, existe una gama de variables asociadas al aumento del número de muertes por COVID-19. Dado que la gravedad de la enfermedad y, en consecuencia, su mayor letalidad pueden deberse tanto a las características intrínsecas de los individuos infectados (comorbilidades, estilo de vida y edad, entre otras) como a la disponibilidad de recursos terapéuticos (camas de hospital, equipos sanitarios y ventiladores mecánicos, entre otros) (Codeço y otros, 2020; Zhou y otros, 2020; Feng y otros, 2020), el análisis de las muertes por COVID-19 debe tener en cuenta esta combinación de factores (Souza y otros, 2020).

Los resultados encontrados en la literatura indican un mayor riesgo de gravedad de los síntomas del COVID-19, que puede llevar a la muerte, entre: las personas mayores (Lima y otros, 2021; Batista y otros, 2020), especialmente las de edad más avanzada, como las que tienen más de 75 u 80 años (Feng y otros, 2020; Codeço y otros, 2020); las personas con bajos niveles de educación (Pires, Carvalho y Xavier, 2020; Batista y otros, 2020); las personas de color o raza negra o indígena (Williamson y otros, 2020; De Negri y otros, 2020; Peres y otros, 2021); las personas residentes en las regiones Norte y Nordeste del país (Lima y otros, 2021; Souza y otros, 2020); las personas con comorbilidades, como diabetes, hipertensión y obesidad (Williamson y otros, 2020; Grasselli y otros, 2020; Gupta y otros, 2020); las personas que viven en hogares con un mayor número de miembros y carecen de acceso a servicios de saneamiento básico adecuado, como abastecimiento de agua y recolección de residuos (Olimpio, Costa y Góis, 2020; Pires, Carvalho y Xavier, 2020); y las personas que viven en zonas rurales (Soares y otros, 2015; Codeço y otros, 2020) y localidades con mayor desigualdad de ingresos (Demenech y otros, 2020; Pires, Carvalho y Xavier, 2020).

Otros estudios también sugieren una asociación entre el aumento del número de casos de COVID-19 (y, en consecuencia, el aumento de las muertes por la enfermedad) y una menor cobertura de la vacuna antituberculosa (BCG) (Miller y otros, 2020; Escobar, Molina-Cruz y Barillas-Mury, 2020; Sala y otros, 2020) y temperaturas locales más bajas (Carleton y Meng, 2020; Chen y otros, 2020).

Con respecto a la oferta de servicios de salud, los gestores públicos buscaron ampliar la oferta de camas generales y unidades de terapia intensiva y la cobertura de la Estrategia de Salud Familiar (ESF), entre otras medidas de emergencia para combatir la pandemia de COVID-19 (Pinto, 2020).

Desde el inicio de la pandemia, también se habló de la necesidad de prestar asistencia a la población más vulnerable, y posiblemente la más afectada por la pandemia, dada la naturaleza de su trabajo —a menudo— informal, cuya realización requiere la interacción social. También se buscó proteger a los trabajadores formales con miras al mantenimiento del empleo. En este sentido, el gobierno federal implementó algunas medidas para mitigar los efectos económicos de la pandemia, incluidas la anticipación de la gratificación salarial y de la jubilación de los jubilados y pensionistas del Instituto Nacional del Seguro Social del Brasil, el pago anticipado del Fondo de Garantía de Tiempo de Servicio, la ampliación de la cobertura del Programa Bolsa Família y la creación del Programa de Emergencia para el Mantenimiento del Empleo y los Ingresos (Pinto, 2020; Brasil, 2020).

Cuadro 1
Brasil: variables seleccionadas (potencialmente) determinantes de las muertes por COVID-19 y sus respectivas fuentes de datos

Variable	Fuente y datos adicionales
Número de casos confirmados de COVID-19 por cada 100.000 habitantes acumulados hasta el 19 de octubre de 2020	Repositorio de datos actualizados diariamente a partir de fuentes oficiales de W. Cota, "Número de casos confirmados de COVID-19 no Brasil", 2020 [en línea] https://github.com/wcota/covid19br/ [fecha de consulta: 20 de octubre de 2020].
Porcentaje de municipios localizados en la región Norte	Elaboración propia a partir de las variables presentes en los microdatos del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). "Censo demográfico de 2010", s/f [en línea] https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-2020-censo4.html?=&t=downloads [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].
Porcentaje de municipios localizados en la región Nordeste	
Porcentaje de municipios localizados en la región Sudeste	
Porcentaje de municipios localizados en la región Sur	
Porcentaje de municipios localizados en la región Centro-Oeste	
Porcentaje de la población que recibe prestaciones del Programa <i>Bolsa Família</i> u otros programas sociales	
Porcentaje de la población de color o raza negra	
Porcentaje de la población de color o raza indígena	
Porcentaje de la población que vive en zonas rurales	
Porcentaje de la población de 65 años o más	
Porcentaje de la población en hogares con más de dos miembros	Atlas de Desarrollo Humano en Brasil construido a partir de datos del IBGE y de registros administrativos. AtlasBR, "Consultas", s/f [en línea] http://www.atlasbrasil.org.br/consulta [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].
Porcentaje de la población con educación primaria completa	
Porcentaje de la población con educación secundaria completa	
Porcentaje de la población con educación superior completa	
Coefficiente de Gini - varía de 0 (menos desigual) a 1 (más desigual)	
Porcentaje de la población en hogares con recolección de residuos	
Porcentaje de la población en hogares con agua corriente	
Ingreso per cápita (en reales de 2010)	
Porcentaje de la población extremadamente pobre inscrita en el Registro Único (<i>CadÚnico</i>)	
Porcentaje de la población vulnerable a la pobreza	
Porcentaje de beneficiarios de la ayuda de emergencia referente a julio de 2020	Portal da Transparência, "Auxílio Emergencial", 2020 [en línea] http://www.portaldatransparencia.gov.br/pagina-interna/603519-download-de-dados-auxilio-emergencial [fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020].

Cuadro 1 (conclusión)

Variable	Fuente y datos adicionales
Número de camas de hospital por cada 1.000 habitantes Número de unidades o centros de terapia intensiva por cada 1.000 habitantes	Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística (IBGE), "AMS - Pesquisa de Assistência Médico-Sanitária 2009", 2010 [en línea] https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9067-pesquisa-de-assistencia-medico-sanitaria.html?=&t=microdados [fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020].
Porcentaje de la población cubierta por la Estrategia de Salud Familiar (ESF) en mayo de 2020	Departamento de Salud de la Familia de la Secretaría de Atención Primaria de Salud del Ministerio de Salud. Ministerio de Salud, e-Gestor, 2021 [en línea] https://legstorab.saude.gov.br/paginas/acessoPublico/relatorios/telHistoricoCoberturaAB.xhtml [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].
Porcentaje de la población que recibió la vacuna antituberculosa (BCG) en 2019	Los datos disponibles se tomaron del Sistema de Información del Programa Nacional de Inmunización. Ministerio de Salud, DATASUS, 2020 [en línea] http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?pnf/cnv/cpniuf.def [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].
Índice de confinamiento: porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento (media entre marzo de 2020 y mayo de 2020) Índice de confinamiento: porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento (media entre junio de 2020 y agosto de 2020) Índice de confinamiento: porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento (media entre septiembre de 2020 y noviembre de 2020) Índice de confinamiento: porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento (media entre diciembre de 2020 y febrero de 2021)	Inloco, "Mapa brasileiro da COVID-19", 2020 [en línea] https://mapabrasileirodacovid.inloco.com.br/pt/ . La construcción de este índice se basa en datos de localización anónima.
Temperatura de la capital de la respectiva unidad de la federación al mediodía del 20 de junio de 2020	Datos de temperatura recolectados por el Instituto Nacional de Meteorología del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento. Instituto Nacional de Meteorología (INMET), "Datos históricos anuales", 2020 [en línea] https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos .
Número de hospitalizaciones en mayo de 2020	Los datos disponibles se tomaron del Sistema de Información Hospitalaria del Sistema Único de Salud. Ministerio de Salud, DATASUS, 2020 [en línea] http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sh/cnv/hibr.def [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].
Número de casos de tuberculosis en 2018 y 2019	Casos de tuberculosis confirmados notificados en el Sistema de Información de Enfermedades de Declaración Obligatoria actualizados en mayo de 2020 y sujetos a revisión. Ministerio de Salud (2020), DATASUS [en línea] http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinanet/cnv/tubercbr.def .
Número de hospitalizaciones por complicaciones de la diabetes en diciembre de 2015	Los datos disponibles se tomaron del Sistema de Información de Atención Básica y generados a partir del trabajo de los equipos de la Salud Familiar y los Agentes Comunitarios de Salud Ministerio de Salud (2016), DATASUS [en línea] http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defohtm.exe?siab/cnv/SIABsbr.def [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].

Fuente: Elaboración propia.

El confinamiento también es una medida de salud pública que tiene como objetivo aumentar la distancia entre las personas y reducir la frecuencia de las interacciones sociales, a fin de evitar el colapso de los sistemas de salud y reducir el número de muertes (Aquino y otros, 2020; Gori Maia y otros, 2021; Nussbaumer-Streit y otros, 2020; Piguillem y Shi, 2020).

Cabe destacar que los factores asociados con las muertes por COVID-19 mencionados anteriormente también interactúan entre sí y se afectan mutuamente. Por ejemplo, la temperatura local interactúa con el nivel de confinamiento alcanzado en una región determinada, pues si bien en los lugares donde el clima es más frío las personas suelen pasar más tiempo en la casa (Gori Maia y otros, 2021), las bajas temperaturas también tienden a facilitar la supervivencia y la propagación del virus (Liu y otros, 2020; Méndez-Arriaga, 2020). Otro ejemplo sería la interacción entre la existencia de comorbilidades y el nivel educativo de las personas, con una mayor incidencia de factores de riesgo entre aquellas con los niveles de educación más bajos (Pires, Carvalho y Xavier, 2020).

En los países con grandes desigualdades sociales, como el Brasil, los riesgos se potencian. Las personas presentan diferencias tanto en el riesgo de enfermedad como en el de mortalidad. Por todo ello, y teniendo en cuenta el escenario de crisis actual en el que ya se sabe que el COVID-19 incide en la mortalidad y el estado de salud de la población, la información sobre los factores asociados es crucial para comprender el efecto de la pandemia en el país.

En una votación plenaria del 15 de abril de 2020, el Supremo Tribunal Federal decidió que los estados y los municipios tienen competencia para definir acciones de lucha contra la pandemia independientemente del gobierno federal. De acuerdo con esa decisión, los gobernadores y alcaldes pueden tomar las medidas que consideren necesarias para combatir la epidemia, incluidos el confinamiento, el cierre del comercio y otras restricciones, y determinar los servicios considerados esenciales en cada estado o municipio. Con ello, las políticas para combatir y mitigar el nuevo coronavirus pasaron a ser, en la práctica, responsabilidad tanto del presidente de la república como de los gobernadores y alcaldes. Si bien, por una parte, esta decisión del Supremo Tribunal Federal permite la existencia de políticas diferenciadas y adaptadas a la realidad local de cada ciudad o estado, también conlleva una mayor divergencia entre los parámetros para enfrentar la enfermedad en las distintas localidades.

El 4 de marzo de 2021, el Ministerio de Salud registraba 10.793.732 casos y 260.970 muertes por la enfermedad en todo el territorio nacional. Dada la dimensión continental del país y sus desigualdades económicas y sociales, la influencia del COVID-19 puede presentarse de forma heterogénea según las características locales. Habida cuenta de los diversos factores asociados a los casos graves de la enfermedad y la muerte, es importante evaluar estos factores en conjunto y comprender mejor la manera en que las características demográficas, sociales, económicas y sanitarias se relacionan con la tasa de mortalidad por COVID-19 en los municipios brasileños entre 2020 y 2021. Desde ya, cabe destacar que el objetivo de este estudio es analizar las características de la población que más se relacionan con una alta tasa de mortalidad por la enfermedad y que no es posible inferir causalidad en las relaciones encontradas entre las variables incluidas en los modelos y la tasa de mortalidad por COVID-19.

A. Métodos

1. Fuentes de datos y variables seleccionadas

En el presente estudio se utilizaron los municipios como unidades de análisis. Así, todas las variables utilizadas en el ejercicio empírico reflejan medias, porcentajes o números totales de casos por municipio. En los casos en que la información no se refiere al nivel municipal, se imputaron los datos de los respectivos estados o capitales de estado para cada municipio.

Para analizar los determinantes sociodemográficos, económicos, de infraestructura, confinamiento, temperatura y salud de la tasa de mortalidad por COVID-19, se extrajo la información relacionada con el número de muertes en los municipios acumuladas hasta el 4 de marzo de 2021 (base para la construcción de la variable dependiente) disponible en el repositorio de Github⁴. Este repositorio se actualiza a diario y agrega los datos proporcionados por tres fuentes principales: el Ministerio de Salud, las Secretarías de Salud de los estados (que proporcionan datos sobre casos y muertes a nivel municipal) y la cuenta de Twitter administrada por Carlos Achy, que recopila diversos datos, como el número de muertes, casos confirmados, sospechosos y recuperados, así como el número de pruebas realizadas (Cota, 2020)⁵.

Cabe destacar que el Brasil cuenta con un sistema consolidado de vigilancia del síndrome respiratorio agudo severo (SRAS), que desde 2009 hace un seguimiento de los casos de gripe, SRAS y otras enfermedades respiratorias en todo el país y recientemente ha comenzado a incorporar información sobre las infecciones y las muertes por COVID-19 a nivel municipal. Asimismo, los datos utilizados en este estudio se actualizan constantemente, a diferencia de los datos oficiales del gobierno brasileño, que se actualizan solo una vez por día. Cabe señalar que la principal limitación de todos los datos relativos al COVID-19 en el Brasil se refiere a las pruebas para detectar la enfermedad, no solo debido al escaso número de pruebas realizadas, sino también con respecto al registro de sus resultados (Lima y otros, 2021).

Se seleccionaron 5.570 municipios. La muestra final para la modelización resultó formada por 5.558 municipios, pues se eliminaron del análisis aquellos en los que faltaban datos sobre las variables.

La variable dependiente fue la tasa de mortalidad por COVID-19 en los municipios brasileños y se obtuvo mediante la relación entre el número de muertes y la población del municipio en cuestión en 2019. Es importante mencionar que, en algunos casos, el registro de la muerte carece de una indicación de lugar precisa, de manera que, al trabajar con el número de muertes por municipio, no se incluyeron en el análisis las muertes sin declaración de localidad.

En relación con las características municipales potencialmente relacionadas con las muertes por COVID-19, que constituyen las variables independientes, se utilizaron diversas fuentes de datos que se detallan en el cuadro 1.

⁴ Véase [en línea] <https://github.com/wcota/covid19br>.

⁵ Véase [en línea] <https://twitter.com/coronavirusbra1>.

2. Análisis estadístico

Para analizar la relación entre las variables independientes y la tasa de mortalidad por COVID-19 se aplicó un modelo de regresión binomial simple y múltiple, pues la varianza es muy superior a la media de la distribución. Esto indica una posible sobredispersión en los datos, que se comprobó mediante la realización de pruebas de hipótesis para verificarla. Una de las condiciones para utilizar la regresión de Poisson es que la media sea igual a la varianza, es decir, el parámetro de dispersión debe ser fijo e igual a 1. La detección de la sobredispersión en este estudio hizo inviable la aplicación de los modelos de regresión de Poisson. La muestra presentaba 256 municipios que no habían registrado muertes y representaban el 4,6% del total de 5.570 municipios. Dado que menos del 5% de los municipios brasileños no registró ninguna muerte, no fue necesario controlar el modelo por exceso de ceros.

Inicialmente, se realizó un análisis de regresión binomial negativa simple con todas las variables independientes seleccionadas para el presente estudio (véase el cuadro 1). Las variables estadísticamente significativas al nivel del 5% en el análisis simple se seleccionaron para el análisis múltiple. El modelo múltiple se estimó mediante un análisis jerárquico conforme Victora y otros (1997). En este tipo de análisis, el modelo propuesto representa jerárquicamente los diversos factores involucrados en la asociación para la muerte por COVID-19 y las posibles interrelaciones entre ellos. En el presente estudio, los factores investigados se agruparon de manera jerárquica en bloques ordenados según la proximidad con la que actuarían sobre la tasa de mortalidad: i) distales (variables de infraestructura urbana: modelo 1), ii) intermedias más distantes (variables demográficas y socioeconómicas: modelo 2), iii) intermedias más próximas (variables relativas a los índices de confinamiento y temperatura: modelo 3), y iv) proximales (variables de características de salud: modelo 4).

En la construcción de cada modelo se incluyeron las variables en bloques y se eliminaron las que no presentaban un efecto estadísticamente significativo en la tasa de mortalidad ($p < 0,05$). Tras eliminar las variables del grupo de las distales (modelo 1) que no alcanzaron significación estadística, se añadieron las variables del grupo intermedio (modelo 2) y se repitió el proceso hasta la inclusión del último grupo de variables (modelo 4). Durante el proceso de construcción de los modelos, se mantuvieron las variables de los bloques anteriores que perdieron significación. Es decir, los bloques de variables se fueron incluyendo en el orden mencionado anteriormente, de manera que en primer lugar se incluyeron las variables del bloque de infraestructura urbana. Las variables que resultaron significativas al nivel del 5% se mantuvieron en el modelo. Posteriormente, se incluyeron todas las variables del bloque de características demográficas y socioeconómicas. Las variables significativas de este bloque ($p < 0,05$) se mantuvieron en el modelo e incluso si alguna variable del primer bloque perdía significación estadística, permanecía en el modelo. Este procedimiento se llevó a cabo hasta el último bloque (modelo 4), a partir del cual, tras eliminar las variables de salud que perdieron significación estadística, se obtuvo el modelo final más parsimonioso. Cabe destacar que se prestó especial atención a las variables relacionadas con la estructura

etaria de los municipios, por lo que se probó la inserción del porcentaje de personas de diferentes grupos de edad en el modelo final. Dada la mayor asociación de los grupos de edad más avanzada con un nivel de mortalidad más elevado, y en aras de la parsimonia, solo se mantuvo el porcentaje de personas de 65 años o más.

Los resultados del modelo final se presentaron e interpretaron como razones de tasas, considerando un nivel de significación del 5%. Los análisis de los datos se realizaron con el programa informático R versión 2.12.2.

B. Resultados

Del total de 261.248 muertes acumuladas hasta el 4 de marzo de 2021, 2.389 (0,91%) no tenían una localización definida, de manera que en la variable de interés se contabilizaron 258.859 muertes.

En el cuadro 2 se presentan las estadísticas descriptivas de todas las variables incluidas en el estudio. Cabe mencionar que, debido a la disponibilidad de datos, existe una variación en los años a los que se refiere cada variable. Las más antiguas se refieren a 2009 (número de camas y unidades o centros de terapia intensiva por cada 1.000 habitantes) y 2010 (características extraídas del Censo Demográfico de 2010). Dado que las características estructurales municipales no suelen cambiar significativamente a corto plazo, se considera que esta información sigue siendo relevante como determinante de la mortalidad reciente por COVID-19.

En promedio, entre el 26 de febrero de 2020 (fecha de registro del primer caso de COVID-19 en el país) y el 4 de marzo de 2021, fallecieron 47 personas por municipio en el Brasil a causa del COVID-19. El número medio de casos confirmados de COVID-19 en ese período fue de 4.548 por cada 100.000 habitantes. En 2010, una media del 94,1% de la población de los municipios tenía acceso a la recolección de residuos, el 86% disponía de agua corriente y el 25,1% vivía en hogares con más de dos miembros. La región en la que se encuentra la mayor parte de los municipios es el Nordeste (32,3%), seguida por el Sudeste (29,9%), el Sur (21,3%), el Centro-Oeste (8,4%) y el Norte (8,1%). En 2010, menos del 7% de la población de los municipios se declaró negra y menos del 1% se declaró indígena. Ese mismo año, una media del 36,1% de la población de los municipios vivía en zonas rurales y el 8,4% tenía 65 años o más.

Con respecto a las características educativas, el 33,8% de la población de 25 años o más había completado la educación primaria en 2010, porcentaje que se reduce al 21,7% en el caso de la educación secundaria y al 5,5% en el de la educación superior. En relación con la desigualdad de ingresos se observa que, en 2010, el coeficiente de Gini promedio de los municipios era de 0,49 (este índice varía de 0 a 1) y el ingreso per cápita promedio era de 493,61 reales. Ese mismo año, un promedio del 44% de la población de los municipios era vulnerable a la pobreza, mientras el 31,4% de las personas inscritas en el Registro

Único (CadÚnico) era extremadamente pobre. Además, una media del 9,5% de la población recibía ayuda del Programa Bolsa Família u otros programas sociales en 2010 y el 7,7% era beneficiario de la ayuda de emergencia en julio de 2020.

En promedio, el 48,2% de la población de los estados brasileños se encontraba en confinamiento entre marzo y mayo de 2020 (este porcentaje refleja la media de los índices de confinamiento de los días 22 de marzo, 22 de abril y 22 de mayo de 2020). Este índice se redujo al 35,19% entre diciembre de 2020 y febrero de 2021. La temperatura media de las capitales de estos estados al mediodía del 20 de junio de 2020 era de 22,2 grados centígrados.

Con respecto a las características de salud de la población y la infraestructura para la atención sanitaria, en 2009 había una media de 1,7 camas de hospital y 0,1 unidades o centros de terapia intensiva por cada 1.000 habitantes. Cerca del 86% de la población de los municipios estaba cubierta por la Estrategia de Salud Familiar en mayo de 2020 y el 85% había recibido la vacuna BCG en 2019. El número de internaciones hospitalarias fue de 1.565 entre enero y octubre de 2020 y se registraron 34 casos de tuberculosis en 2018 y 2019. Entre 2010 y 2015 hubo una media de 101 hospitalizaciones por municipio debidas a complicaciones de la diabetes.

Cuadro 2

Brasil: caracterización de los municipios según variables seleccionadas, 2009-2021

	Características	Número de municipios	Media	Desviación estándar
Muertes por COVID-19	Número de muertes por COVID-19 acumuladas hasta el 4 de marzo de 2021	5 570	46,50	412,87
Infraestructura urbana	Porcentaje de la población en hogares con recolección de residuos en 2010	5 560	94,13	10,69
	Porcentaje de la población en hogares con agua corriente en 2010	5 565	85,60	14,72
Variables sociodemográficas y económicas	Porcentaje de municipios localizados en la región Norte	5 565	8,07	27,24
	Porcentaje de municipios localizados en la región Nordeste	5 565	32,24	46,74
	Porcentaje de municipios localizados en la región Sudeste	5 565	29,97	45,82
	Porcentaje de municipios localizados en la región Sur	5 565	21,35	40,98
	Porcentaje de municipios localizados en la región Centro-Oeste	5 565	8,37	27,70
	Porcentaje de la población de color o raza negra en 2010	5 565	6,37	4,94
	Porcentaje de la población de color o raza indígena en 2010	5 565	0,72	4,36
	Porcentaje de la población que vivía en zonas rurales en 2010	5 565	36,16	22,04
	Porcentaje de la población de 65 años o más en 2010	5 565	8,44	2,47
	Porcentaje de la población de 25 años o más con educación primaria completa en 2010	5 565	33,75	11,08

Cuadro 2 (continuación)

	Características	Número de municipios	Media	Desviación estándar
Variables sociodemográficas y económicas	Porcentaje de la población de 25 años o más con educación secundaria completa en 2010	5 565	21,64	8,51
	Porcentaje de la población de 25 años o más con educación superior completa en 2010	5 565	5,50	3,26
	Porcentaje de la población en hogares con más de dos miembros en 2010	5 565	25,13	13,00
	Coeficiente de Gini en 2010 - varía de 0 (menos desigual) a 1 (más desigual)	5 565	0,49	0,07
	Ingreso per cápita en 2010 (en reales de 2010)	5 565	493,61	243,27
	Porcentaje de la población vulnerable a la pobreza en 2010	5 565	43,99	22,44
	Porcentaje de la población extremadamente pobre inscrita en el Registro Único (CadÚnico) en 2010	5 565	31,40	21,70
	Porcentaje de la población que recibía prestaciones del Programa Bolsa Familia u otros programas sociales en 2010	5 565	9,45	4,08
	Porcentaje de beneficiarios de la ayuda de emergencia referente a julio de 2020	5 570	7,72	2,24
	Población en 2010	5 565	34 278	203 113
Población en 2019	5 570	37 728	221 458	
Índices de confinamiento (fecha de referencia: todo el día 22 de cada mes) y temperatura	Índice de confinamiento: porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento (media entre marzo de 2020 y mayo de 2020)	5 565	48,23	2,14
	Índice de confinamiento: porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento (media entre junio de 2020 y agosto de 2020)	5 565	38,84	1,22
	Índice de confinamiento: porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento (media entre septiembre de 2020 y noviembre de 2020)	5 565	39,05	1,32
	Índice de confinamiento: porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento (media entre diciembre de 2020 y febrero de 2021)	5 565	35,19	2,22
	Temperatura de la capital de la respectiva unidad de la federación al mediodía del 20 de junio de 2020 (en grados centígrados)	5 565	22,19	4,72

Cuadro 2 (conclusión)

	Características	Número de municipios	Media	Desviación estándar
Salud	Número de casos confirmados de COVID-19 por cada 100.000 habitantes acumulados hasta el 19 de octubre de 2020	5 570	4 547,63	2 767,33
	Número de camas de hospital por cada 1.000 habitantes en 2009	5 563	1,72	2,44
	Número de unidades o centros de terapia intensiva por cada 1.000 habitantes en 2009	5 563	0,01	0,04
	Porcentaje de la población cubierta por la Estrategia de Salud Familiar en mayo de 2020	5 570	85,96	25,55
	Porcentaje de la población que recibió la vacuna antituberculosa (BCG) en 2019	5 557	85,84	33,24
	Número de hospitalizaciones de enero a octubre de 2020	5 570	1 565	10 361
	Número de casos de tuberculosis en 2018 y 2019	5 570	34	344
	Número de hospitalizaciones por complicaciones de la diabetes entre enero de 2010 y diciembre de 2015	5 570	101	307

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de W. Cota, "Número de casos confirmados de COVID-19 no Brasil", 2020 [en línea] <https://github.com/wcota/covid19br/> [fecha de consulta: 20 de octubre de 2020], Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), "Censo demográfico", s/f [en línea] <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-2020-censo4.html?=&t=downloads> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020], AtlasBR, "Consultas", s/f [en línea] <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020], Portal da Transparência, "Auxílio Emergencial", 2020 [en línea] <http://www.portaldatransparencia.gov.br/pagina-interna/603519-download-de-dados-auxilio-emergencial> [fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020], Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), "AMS - Pesquisa de Assistência Médico-Sanitária", 2010 [en línea] <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9067-pesquisa-de-assistencia-medico-sanitaria.html?=&t=microdados> [fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020], Ministerio de Salud, e-Gestor, 2021 [en línea] <https://egestorab.saude.gov.br/paginas/ acessoPublico/relatorios/relHistoricoCoberturaAB.xhtml> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020], Ministerio de Salud, DATASUS, 2020 [en línea] <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?pni/cnv/cpniuf.def> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020], Inloco, "Mapa brasileiro da COVID-19", 2020 [en línea] <https://mapabrasileirodacovid.inloco.com.br/pt/>, Instituto Nacional de Meteorología (INMET), "Datos históricos anuais", 2020 [en línea] <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>, Ministerio de Salud, DATASUS, 2020 [en línea] <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nibr.def> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020], Ministerio de Salud, DATASUS, 2020 [en línea] <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinanet/cnv/tubercbr.def>, Ministerio de Salud, DATASUS, 2016 [en línea] <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?siab/cnv/SIABsbr.def> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].

En el cuadro 3 se presentan las razones de las tasas de mortalidad por COVID-19 entre 2020 y 2021 según las características municipales brasileñas para el modelo final, construido tras la inserción sucesiva de los cuatro bloques de variables, conforme se indica en la sección metodológica (infraestructura urbana, variables sociodemográficas y económicas, índices de confinamiento y temperatura, y salud).

Cuadro 3
**Brasil: razones de tasas de mortalidad por COVID-19
 según características municipales, 2020-2021**

Característica	Razón de prevalencia	Coefficiente	Valor p
Porcentaje de la población en hogares con agua corriente en 2010	1,0037	0,0037	0,0000
Porcentaje de la población en hogares con recolección de residuos en 2010	1,0044	0,0043	0,0000
Porcentaje de municipios localizados en la región Norte	0,9764	-0,0239	0,5537
Porcentaje de municipios localizados en la región Nordeste	0,9586	-0,0423	0,1895
Porcentaje de municipios localizados en la región Centro-Oeste	1,2417	0,2165	0,0000
Porcentaje de la población de color o raza indígena en 2010	1,0048	0,0048	0,0027
Porcentaje de la población de color o raza negra en 2010	0,9918	-0,0082	0,0000
Porcentaje de la población que vivía en zonas rurales en 2010	0,9951	-0,0049	0,0000
Porcentaje de la población de 65 años o más en 2010	1,0465	0,0455	0,0000
Porcentaje de la población de 25 años o más con educación primaria completa en 2010	1,0139	0,0138	0,0000
Porcentaje de la población de 25 años o más con educación secundaria completa en 2010	0,9862	-0,0139	0,0001
Porcentaje de la población en hogares con más de dos miembros en 2010	1,0086	0,0085	0,0000
Coefficiente de Gini en 2010	0,7064	-0,3475	0,0156
Ingreso per cápita en 2010	1,0000	0,0000	0,5744
Porcentaje de la población extremadamente pobre inscrita en el Registro Único (CadÚnico) en 2010	1,0011	0,0011	0,0257
Porcentaje de beneficiarios de la ayuda de emergencia referente a julio de 2020	1,0456	0,0446	0,0000
Temperatura de la capital de la respectiva unidad de la federación al mediodía del 20 de junio de 2020	1,0229	0,0226	0,0000
Índice de confinamiento: porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento (media entre marzo de 2020 y mayo de 2020)	1,0260	0,0257	0,0000
Índice de confinamiento: porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento (media entre junio de 2020 y agosto de 2020)	1,0202	0,0200	0,0033
Número de casos confirmados de COVID-19 por cada 100.000 habitantes acumulados hasta el 19 de octubre de 2020	1,0001	0,0001	0,0000
Número de camas de hospital por cada 1.000 habitantes en 2009	0,9893	-0,0108	0,0008
Número de unidades o centros de terapia intensiva por cada 1.000 habitantes en 2009	1,4757	0,3891	0,0029
Número de casos de tuberculosis en 2018 y 2019	1,0001	0,0001	0,0014
Número de hospitalizaciones por complicaciones de la diabetes entre enero de 2015 y diciembre de 2015	1,0000	0,0000	0,0194
Intercepto	0,0000	-11,5600	0,0000

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de W. Cota, "Número de casos confirmados de COVID-19 no Brasil", 2020 [en línea] <https://github.com/wcota/covid19br/> [fecha de consulta: 20 de octubre de 2020], Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), "Censo demográfico", s/f [en línea] <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-2020-censo4.html?=&t=downloads> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020], AtlasBR, "Consultas", s/f [en línea] <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020], Portal da Transparência, "Auxílio Emergencial", 2020 [en línea] <http://www.portaldatransparencia.gov.br/pagina-interna/603519-download-de-dados-auxilio-emergencial> [fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020], Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), "AMS - Pesquisa de Assistência Médico-Sanitária", 2010 [en línea] <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9067-pesquisa-de-assistencia-medico-sanitaria.html?=&t=microdados> [fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020], Ministerio de Salud, e-Gestor, 2021 [en línea] <https://egestorab.saude.gov.br/paginas/acesoPublico/relatorios/relHistoricoCoberturaAB.xhtml> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020], Ministerio de Salud, DATASUS, 2020 [en línea] <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?pn/cnv/cpniuf.def> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020], Inloco, "Mapa brasileiro da COVID-19", 2020 [en línea] <https://mapabrasileirodacovid.inloco.com.br/pt/>, Instituto Nacional de Meteorología (INMET), "Datos históricos anuales", 2020 [en línea] <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>, Ministerio de Salud, DATASUS, 2020 [en línea] <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nibr.def> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020], Ministerio de Salud, DATASUS, 2020 [en línea] <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinanet/cnv/tubercbr.def>, Ministerio de Salud, DATASUS, 2016 [en línea] <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?siab/cnv/SIABSbr.def> [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].

La variable más fuertemente relacionada fue el número de unidades o centros de terapia intensiva por cada 1.000 habitantes, seguida por el coeficiente de Gini y la localización en la región Centro-Oeste ($p < 0,05$). El aumento de una unidad o centro de terapia intensiva se asoció con un incremento del 48% en la tasa de mortalidad por COVID-19 en los municipios brasileños. El incremento de un punto porcentual en el coeficiente de Gini (teniendo en cuenta que la media era del 49%), es decir, el aumento de la desigualdad, se asoció con una reducción del 29% en la tasa de mortalidad. El aumento de un punto en el porcentaje de municipios situados en la región Centro-Oeste (el hecho de que un municipio esté situado en la región Centro-Oeste) se asoció con un aumento del 24% en la tasa de mortalidad.

Entre los factores de riesgo, el porcentaje de población de 65 años o más, el porcentaje de población de 25 años o más con educación primaria completa, el porcentaje de beneficiarios de la ayuda de emergencia, la temperatura y el índice de confinamiento de marzo a mayo y de junio a agosto mostraron una asociación estadísticamente significativa al nivel del 5%. El aumento de un punto en el porcentaje de beneficiarios de la ayuda de emergencia se asoció con un aumento del 5% en la tasa de mortalidad. El incremento de un punto en el porcentaje de la población de la unidad de la federación en confinamiento de marzo a mayo se asoció con un aumento del 3% en la tasa de mortalidad. Asimismo, el aumento de un punto porcentual en el índice de confinamiento entre junio y agosto y de 1 grado de temperatura contribuyó a un incremento de más del 2% en la tasa de mortalidad por COVID-19.

Por otra parte, como factor de protección, se observa que el aumento de un punto en el porcentaje de la población de 25 años o más con educación secundaria completa y de 1 unidad en el número de camas de hospital por cada 1.000 habitantes se relacionaba con una disminución de más del 1% de la tasa de mortalidad ($p < 0,05$).

C. Análisis

En primer lugar, es importante destacar que la revisión de la literatura presente en este artículo no tiene el objetivo de realizar comparaciones entre este análisis y los estudios anteriores, especialmente porque tales comparaciones sufrirían importantes limitaciones ante el dinamismo de una pandemia como la de COVID-19, que presenta diferentes fases según el lugar y, por tanto, según el período de referencia en el que se basa cada estudio. No obstante, cabe subrayar la importancia de los estudios como este. Cuantos más análisis se realicen sobre los factores asociados a la mortalidad por COVID-19, mayor será la comprensión futura de las consecuencias fatales de esta pandemia, todavía tan reciente.

Dicho esto, los resultados del presente estudio corroboran algunos hallazgos de la literatura. De hecho, una proporción más alta de población mayor de 65 años y un menor nivel de educación aumentaron la tasa de mortalidad por COVID-19 en los municipios del Brasil.

Este incremento de la mortalidad en la población de edad avanzada está bien documentado en la literatura (Lima y otros, 2021; Batista y otros, 2020; Feng y otros, 2020; Codeço y otros, 2020) y suele estar fuertemente asociado con una mayor presencia de comorbilidades a esa edad, que empeora el estado de salud de los infectados por el virus (Borges y Crespo, 2020). En cuanto a la educación, mientras el porcentaje de la población que solo ha completado la educación primaria se asocia con un aumento de la tasa de mortalidad, el porcentaje de los que han completado al menos la educación secundaria tiende a reducir la mortalidad por COVID-19 en los municipios. La influencia de la educación puede manifestarse de varias maneras y obedecer tanto al acceso a la información sobre las medidas no farmacéuticas para prevenir la enfermedad (principalmente, el uso de mascarillas, la higiene constante de las manos y el confinamiento) como a situaciones socioeconómicas diferenciadas (no captadas por las demás variables del modelo), que determinan condiciones para un mejor acceso a los servicios médicos y el cumplimiento de las medidas preventivas de manera eficaz, como, por ejemplo, la posibilidad de adoptar el teletrabajo (Lima y otros, 2020; Silva, Freire y Pereira, 2016).

A diferencia de lo que señalan los estudios de Lima y otros (2021) y Souza y otros (2020), el mayor aumento de la tasa de mortalidad por COVID-19 en términos porcentuales se registró en la región Centro-Oeste. Es importante subrayar que en el presente estudio se utilizan los datos de mortalidad por COVID-19 acumulados hasta el 4 de marzo de 2021, mientras en los estudios mencionados se utiliza la información de las muertes hasta mediados de 2020. Dada la naturaleza dinámica de la pandemia, cabe esperar que se destaquen diferentes regiones según el periodo que se considere. En este sentido, vale la pena mencionar algunos acontecimientos recientes a modo de ejemplo. La primera unidad de la federación donde se superó la capacidad para atender los casos más graves de la enfermedad fue el estado de Amazonas (Barreto y otros, 2021). Dada la gravedad de la situación a la que se llegó, se dio prioridad a este estado en la distribución de los primeros lotes de vacunas, por lo que el colapso del sistema de salud de esa región se ha revertido hasta ahora, no solo por la vacunación⁶, sino también por la aplicación de medidas más estrictas de confinamiento⁷.

Entre las variables de salud, solo el número de camas de hospital y el número de centros o unidades de terapia intensiva mostraron asociaciones. El número de centros o unidades de terapia intensiva presentó una fuerte relación de riesgo. Este resultado puede explicarse por el hecho de que la mayoría de las muertes se produce entre los pacientes hospitalizados en estado grave. Es decir, los municipios que tienen un mayor número de camas de unidades o centros de terapia intensiva evidencian un aumento del número de muertes porque los pacientes más graves, y por tanto con más probabilidades de morir, son trasladados a estos municipios. De acuerdo con una investigación realizada en 37 hospitales de Minas Gerais, São Paulo, Pernambuco, Santa

⁶ Véanse [en línea] <http://www.saude.am.gov.br/visualizar-noticia.php?id=5728> y <https://www.poder360.com.br/coronavirus/manaus-abre-vacinacao-para-500-mil-adultos-com-comorbidades/>.

⁷ Véase [en línea] <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/saude/audio/2021-01/covid-19-amazonas-adota-regras-mais-rigidas-de-isolamento-social>.

Catarina y Rio Grande do Sul, el 47,6% de los pacientes con COVID-19 que ingresan en las unidades de terapia intensiva en el Brasil muere (Marcolino y otros, 2021). Con respecto a la asociación negativa entre el número de camas y la tasa de mortalidad por COVID-19 en los municipios, este resultado refuerza la necesidad de aumentar la oferta de camas de hospitalización, a fin de atender con mayor eficacia a los pacientes que requieren cuidados un poco más complejos que los que se pueden proporcionar en el hogar antes de que empeore su estado de salud. Esto permitiría ofrecer una atención oportuna y, por ende, reducir el número de muertes.

Al contrario de los resultados encontrados por Demenech y otros (2020) y Pires, Carvalho y Xavier (2020), los resultados obtenidos indican que en los municipios más desiguales hubo menos muertes. Cabe subrayar que, además de que los estudios citados no tienen en cuenta la variedad de características municipales que se consideraron en esta modelización, el presente estudio se basa prácticamente en un año de pandemia, mientras los trabajos mencionados se basaron en las muertes registradas en las etapas iniciales (hasta mediados de 2020), cuando aún había un número significativo de municipios sin registros de muertes por COVID-19. Además, Castro y otros (2021) muestran que, si bien no existe una narrativa única que pueda explicar la diversidad de la propagación del COVID-19 en el Brasil, el fracaso general en la implementación de respuestas inmediatas, coordinadas y equitativas en un contexto de marcadas desigualdades locales parece haber alimentado la propagación de la enfermedad. Esto dio lugar a tasas de infección y mortalidad elevadas y desiguales. En este sentido, los autores encontraron, por ejemplo, que estados con niveles similares de desigualdad social, como Amazonas y Ceará, obtuvieron resultados bastante diferentes en la contención de la propagación del COVID-19. Mientras Amazonas fue el segundo estado del país en cuanto a la rapidez con que la enfermedad avanzó hacia al interior del país, Ceará fue el penúltimo. Los autores sugieren que, más allá de las desigualdades, las acciones locales para mitigar los efectos de la pandemia fueron fundamentales en la prevención de la mortalidad por la enfermedad (Castro y otros, 2021). Por último, también es importante destacar que el presente estudio se basa en datos agregados a nivel municipal, por lo que es posible que haya otros mecanismos explicativos de la relación entre desigualdad y mortalidad por COVID-19 a nivel individual.

De acuerdo con el modelo final, cuanto mayor es el porcentaje de beneficiarios de la ayuda de emergencia en el municipio, mayor tiende a ser la tasa de mortalidad por COVID-19. Esta asociación sugiere que los municipios con un mayor porcentaje de beneficiarios son los más pobres, pues la ayuda se ofreció a los trabajadores informales y desempleados. En este sentido, cabe destacar que la ayuda de emergencia finalizó en diciembre de 2020 y a finales de marzo todavía se estaba discutiendo la definición de un nuevo beneficio dirigido especialmente a los trabajadores informales, que son los que tienen más dificultades para mantener el confinamiento, dada la naturaleza de su fuente de ingresos.

Tanto la temperatura como el índice de confinamiento mostraron asociaciones que, en principio, podrían interpretarse como contrarias a lo esperado ya que, a diferencia de otros estudios, un aumento de ambos se asoció con un incremento de la tasa de muertes

por COVID-19 (Carleton y Meng, 2020; Chen y otros, 2020; Aquino y otros, 2020; Gori Maia y otros, 2021; Nussbaumer-Streit y otros, 2020; Piguillem y Shi, 2020). En este punto, es importante destacar una de las limitaciones de este estudio: no es posible inferir causalidad en este modelo y, por tanto, no se mide el efecto de la temperatura o el confinamiento en la mortalidad por COVID-19. En segundo lugar, los niveles de confinamiento en el Brasil alcanzaron valores elevados solo al inicio de la pandemia (hasta mediados de abril de 2020) y, aun así, nunca fueron suficientes para producir efectos duraderos. Esto se debe a que, inicialmente, el confinamiento puede haberse implementado en forma temprana en algunas unidades de la federación, lo que puede haber provocado una flexibilización también temprana de esta medida, cuando el número de casos y muertes estaba aumentando (Silva y otros, 2020). En otros casos, el confinamiento parece haberse adoptado con carácter urgente, intermitente y en momentos en que el número de infectados y muertos ya era alto. También en abril de 2020, fase que puede considerarse el inicio de la pandemia en el Brasil, comenzó a observarse un mayor movimiento de personas en las calles, a pesar de las recomendaciones en materia de confinamiento de la OMS, los científicos y los médicos. Este comportamiento parece haberse debido principalmente a la falta de consenso entre las tres esferas de gobierno sobre la importancia y la necesidad de esta medida (Dantas y otros, 2020). Cabe destacar que la media más alta del índice de confinamiento, registrada entre marzo y mayo de 2020, fue del 48,23%, que es un nivel bajo para producir un efecto de reducción de la tasa de mortalidad. En tercer y último lugar, aunque algunos estudios han establecido que el coronavirus puede tener una menor supervivencia en las zonas con temperaturas más altas (Carleton y Meng, 2020; Chen y otros, 2020), las personas que viven en las regiones más cálidas tienden a salir más de sus hogares y, en un contexto en el que no hay medidas estrictas de confinamiento por parte de las autoridades, la propagación de la enfermedad será inevitablemente mayor.

En el modelo múltiple final, el número de casos confirmados de COVID-19, el número de casos de tuberculosis y el número de hospitalizaciones por complicaciones de la diabetes no mostraron asociaciones importantes. En este caso, hay que prestar atención al hecho de que estas variables reflejan medias de las unidades de la federación y no indicadores municipales y, además, la influencia de estas variables puede haber sido captada por otras variables como la edad, la educación y la infraestructura hospitalaria. Otras características que también mostraron asociaciones de magnitud muy pequeña (aunque significativas al nivel del 1%) se refieren a los porcentajes de población de color o raza negra o indígena, que viven en zonas rurales, que residen en hogares con más de dos miembros o en hogares con agua corriente o recolección de residuos. Estos resultados sugieren que la influencia de estas variables en la mortalidad a nivel municipal puede haber sido captada por otras variables significativas en el modelo, como el nivel educativo, la desigualdad de ingresos y el porcentaje de beneficiarios de la ayuda de emergencia en los municipios.

D. Conclusiones

En el presente estudio se encontró que el aumento del número de camas generales se asoció con una reducción de la tasa de mortalidad en los municipios. Esto refuerza la necesidad de aumentar la oferta de camas a fin de atender con mayor eficacia a todos los pacientes que requieran cuidados más complejos para el COVID-19, permitiendo ofrecer una atención oportuna y, por ende, reducir el número de muertes. La educación también constituye un importante factor de protección en la reducción de la mortalidad por COVID-19, ya sea por el acceso a la información o por las mejores condiciones socioeconómicas que la educación proporciona, que permiten un cumplimiento más eficaz de las medidas de prevención (como el uso de mascarillas, la higiene de manos y el confinamiento) y un mejor acceso a los servicios médicos (Lima y otros, 2021; Silva, Freire y Pereira, 2016). Estos hallazgos ponen de manifiesto la urgencia de formular políticas intersectoriales para reducir la desigualdad social en los municipios brasileños.

Es importante subrayar que, dentro de la modelización, la asociación negativa entre el índice de confinamiento y la tasa de mortalidad por COVID-19 señala que el confinamiento ha sido una medida con poca adhesión por parte de la población en general, incluso en momentos de alto contagio. En distintas partes del mundo donde el confinamiento se aplicó de manera eficaz (con la adhesión de la población y en el momento adecuado según el seguimiento constante de la evolución del número de casos y muertes), esta medida tuvo efectos indispensables para la reducción de los contagios y, en consecuencia, del número de muertes por la enfermedad (Nussbaumer-Streit y otros, 2020). El confinamiento es una medida muy delicada en la lucha contra la pandemia en el Brasil, especialmente porque puede hacer inviable la generación de ingresos para las familias más vulnerables, por lo que es necesario combinarlo con medidas de asistencia financiera a las familias. Sin embargo, cabe destacar que las pruebas para detectar el COVID-19 pueden ser un sustituto muy cercano de las medidas generales de confinamiento y constituyen una herramienta eficaz para reducir considerablemente la necesidad de cuarentenas frecuentes (Piguillem y Shi, 2020), como las que tuvieron lugar en el Brasil incluso más de un año después del inicio de la pandemia.

El presente estudio tiene algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta. Como se mencionó anteriormente, se destaca que no se puede inferir causalidad en las relaciones encontradas entre las variables incluidas en los modelos y la tasa de mortalidad por COVID-19, pero sí es posible formular hipótesis sobre las características de la población que están más relacionadas con una alta tasa de muertes por la enfermedad. Tampoco fue posible controlar la fase de la pandemia en la que se encuentra cada municipio. Si bien es sabido que la pandemia llegó a las ciudades más pequeñas en etapas posteriores, en algunos estudios con datos acumulados hasta mediados de 2020 se encontró que las regiones a las que el COVID-19 llegó más tarde mostraron aumentos significativos en el número de casos y muertes, de modo que estas cifras se acercaron rápidamente a las de las regiones donde

la pandemia comenzó antes (Lima y otros, 2021). Dado que en este estudio se utilizan datos de muertes por COVID-19 acumulados hasta el 4 de marzo de 2021, es decir, prácticamente un año después del primer caso de la enfermedad en el Brasil y con el agravamiento de la pandemia en los últimos meses, la mayoría de los municipios se encuentra en etapas similares de evolución de la pandemia. También es necesario destacar que la tasa de mortalidad por COVID-19 depende de la notificación de los casos y las muertes por la enfermedad. Por lo tanto, la existencia de municipios con diferentes niveles de realización de pruebas entre la población o diferentes retrasos en la notificación de la causa de la muerte no se tuvo en cuenta en las estimaciones. En el Brasil, la tasa de mortalidad presenta estimaciones sesgadas por algunas razones, lo que supone una importante limitación para el presente estudio. En primer lugar, debido al retraso en el registro y la subnotificación de las muertes, el numerador está subestimado. En segundo lugar, un aspecto menos obvio es que el denominador de esta tasa se refiere a la población en riesgo de enfermar o morir. Un denominador más preciso debería estar constituido por las personas expuestas, es decir, las que corren el riesgo de morir. No se recomienda generalizar el denominador y atribuirlo a toda la población. Por lo tanto, las personas que están enfermas, las que ya han padecido la enfermedad (excepto cuando el paciente puede desarrollar el COVID-19 más de una vez, lo que aparentemente todavía no es muy común, salvo en el caso de las variantes) y las que ya han sido vacunadas (en el Brasil, las cifras son bajas, especialmente en el período de corte del presente estudio) no deberían incluirse en el denominador. Además, en el caso de las enfermedades transmisibles y altamente contagiosas, la fuerza de la transmisión influye directamente en la aparición de nuevos casos de la enfermedad. Debido a que las medidas de mitigación de la enfermedad (como el confinamiento, el uso de mascarillas y los protocolos de higiene) son escasas en el Brasil, el denominador es mayor, pues las personas corren un mayor riesgo de infectarse. Lamentablemente, estas especificidades no se pueden captar en los estudios transversales, como en el caso concreto del presente estudio.

Otro punto importante que se ha de destacar es que el objetivo de este trabajo era desarrollar un análisis inicial, amplio y de carácter exploratorio, que pudiera ofrecer un panorama de la pandemia en el período al que se refiere. No se buscó establecer previsiones individuales ni comparaciones entre municipios. Otro hecho es que se optó por utilizar la tasa bruta, que es más sencilla, pero se buscaba analizar el comportamiento de la tasa real. El modelo fue controlado por indicadores relacionados con la estructura etaria de la población, con el objetivo de eliminar los posibles efectos de los diferentes grupos de edad que componen la población de cada municipio.

Por último, en el contexto actual de la pandemia de COVID-19 en el Brasil, donde —incluso después de más de un año desde su inicio— el número de infecciones y muertes sigue aumentando rápidamente cada día, la campaña de vacunación es aún incipiente y se observa el avance de nuevas variantes del virus (aún más transmisibles), los estudios como este ayudan a entender las características de los municipios más afectados, contribuyendo al debate sobre las mejores medidas de prevención y mitigación de la enfermedad.

Bibliografía

- Aquino, E. M. L. y otros (2020), “Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: potenciais impactos e desafios no Brasil”, *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 25, supl. 1.
- Barreto, I. C. H. C. y otros (2021), “Colapso na saúde em Manaus: o fardo de não aderir às medidas não farmacológicas de redução da transmissão da COVID-19”, Scielo Preprints, 18 de febrero [en línea] <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/1862/version/1975>.
- Batista, A. y otros (2020), “Análise socioeconômica da taxa de letalidade da COVID-19 no Brasil”, *Nota Técnica*, N° 11, Río de Janeiro, Núcleo de Operações e Inteligência em Saúde (NOIS).
- Borges, G. M. y C. D. Crespo (2020), “Demographic and socioeconomic characteristics of Brazilian adults and COVID-19: a risk group analysis based on the Brazilian National Health Survey, 2013”, *Cadernos de Saúde Pública*, vol. 36, N° 10.
- Brasil (2020), “Medida Provisória núm. 936 de 01 de abril de 2020, Institui o Programa Emergencial de Manutenção do Emprego e da Renda e Dispõe sobre Medidas Trabalhistas Complementares para Enfrentamento do Estado de Calamidade Pública Reconhecido pelo Decreto Legislativo núm. 6 de 20 de março de 2020 e da Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional decorrente do Coronavírus (COVID-19), de que Trata a Lei núm. 13979 de 6 de fevereiro de 2020, e dá Outras Providências”, *Diário Oficial da União*, N° 63-D, sec 1.
- Carleton, T. T. y K. C. Meng (2020), “Causal empirical estimates suggest COVID-19 transmission rates are highly seasonal”, medRxiv [en línea] <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.26.20044420v1>.
- Castro, M. C. y otros (2021), “Spatiotemporal pattern of COVID-19 spread in Brazil”, *Science*, vol. 372, N° 6544.
- Chen, S. y otros (2020), “Revisiting the association between temperature and COVID-19 transmissibility across 117 countries”, *ERJ Open Research*, vol. 6, N° 4.
- Cheng, V. C. C. y otros (2007), “Severe acute respiratory syndrome coronavirus as an agent of emerging and reemerging infection”, *Clinical Microbiology Review*, vol. 20, N° 4.
- Codeço, C. T. y otros (2020), *Estimativa de risco de espalhamento da COVID-19 no Brasil e o impacto no sistema de saúde e população por microrregião*, Río de Janeiro, Fundación Oswaldo Cruz.
- Cota, W. (2020), “Monitoring the number of COVID-19 cases and deaths in Brazil at municipal and federative units level”, SciELO Preprints, 7 de mayo [en línea] <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/362>.
- Dantas, G. y otros (2020), “The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil”, *Science of the Total Environment*, vol. 729.
- Demenech, L. M. y otros (2020), “Income inequality and risk of infection and death by COVID-19 in Brazil”, *Revista Brasileira de Epidemiologia*, vol. 23.
- De Negri, F. y otros (2020), “Chances de óbito por COVID-19 entre os trabalhadores formais: evidências do Estado do Rio de Janeiro”, *Nota Técnica*, N° 76, Río de Janeiro, Instituto de Investigaciones Económicas Aplicadas (IPEA).
- Dorn, A. V., R. E. Cooney y M. L. Sabin (2020), “COVID-19 exacerbating inequalities in the US”, *The Lancet*, vol. 395, N° 10232.
- ECDC (Centro Europeo para la Prevención y el Control de las Enfermedades) (2020), *Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in the EU/EEA and the UK – tenth update*, Estocolmo, 11 de junio.
- Escobar, L. E., A. Molina-Cruz y C. Barillas-Mury (2020), “BCG vaccine protection from severe coronavirus disease 2019 (COVID-19)”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 117, N° 30, National Academy of Sciences.

- Feng, Y. y otros (2020), "COVID-19 with different severities: a multicenter study of clinical features", *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 201, N° 11.
- Fundación Oswaldo Cruz (2021), "Boletim do Observatório COVID-19 Fiocruz – semanas 10 e 11 de 2021" [en línea] <https://portal.fiocruz.br/documento/boletim-do-observatorio-covid-19-fiocruz-semanas-10-e-11-de-2021>.
- Gori Maia, A. y otros (2021), "The short-term impacts of coronavirus quarantine in São Paulo: the health-economy trade-offs", *PLOS ONE*, vol. 16, N° 2.
- Grasselli, G. y otros (2020), "Risk factors associated with mortality among patients with COVID-19 in intensive care units in Lombardy, Italy", *JAMA Internal Medicine*, vol. 180, N° 10.
- Gupta, S. y otros (2020), "Factors associated with death in critically ill patients with coronavirus disease 2019 in the US", *JAMA Internal Medicine*, vol. 180, N° 11.
- Kluge, H. H. P. (2020), "Statement – older people are at highest risk from COVID-19, but all must act to prevent community spread", Organización Mundial de la Salud (OMS), 2 de abril [en línea] <https://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/statements/statement-older-people-are-at-highest-risk-from-covid-19-but-all-must-act-to-prevent-community-spread>.
- Kolifarhood, G. y otros (2020), "Epidemiological and clinical aspects of COVID-19; a narrative review", *Archives of Academic Emergency Medicine*, vol. 8, N° 1.
- Lima, E. E. C. y otros (2021), "Spatial pattern of Covid-19 deaths and infections in small areas of Brazil", *PLOS ONE*, vol. 16, N° 2.
- Liu, J. y otros (2020), "Impact of meteorological factors on the COVID-19 transmission: a multi-city study in China", *Science of the Total Environment*, vol. 726.
- Marcolino, M. S. y otros (2021), "ABC2-SPH risk score for in-hospital mortality in COVID-19 patients: development, external validation and comparison with other available scores", medRxiv [en línea] <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.02.01.21250306v1>.
- Méndez-Arriaga, F. (2020), "The temperature and regional climate effects on communitarian Covid-19 contagion in Mexico throughout phase 1", *Science of the Total Environment*, vol. 735.
- Miller, A. y otros (2020), "Correlation between universal BCG vaccination policy and reduced morbidity and mortality for COVID-19: an epidemiological study", *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, N° 9.
- Nussbaumer-Streit, B. y otros (2020), "Quarantine alone or in combination with other public health measures to control COVID-19: a rapid review", *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 4, N° 4.
- Olímpio, J. L. S., L. A. R. Costa y R. A. D. Góis (2020), "Desigualdade socioambiental e a capacidade de lidar com a pandemia de COVID-19: avaliação da geoespacialidade da vulnerabilidade em Fortaleza-CE", *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, vol. 22, N° 2.
- Peres, I. T. y otros (2021), "Sociodemographic factors associated with COVID-19 in-hospital mortality in Brazil", *Public Health*, vol. 192.
- Piguillem, F. y L. Shi (2020), "Optimal COVID-19 quarantine and testing policies", *EIEF Working Paper*, 20/04, Roma, Einaudi Institute for Economics and Finance (EIEF).
- Pinto, H. (2020), "A pandemia do COVID-19 e suas consequências socioeconômicas: momento para fortalecer o Programa Bolsa Família (PBF)", *Textos para Discussão*, N° 272, Brasília, Senado Federal.
- Pires, L. N., L. Carvalho y L. L. Xavier (2020), *COVID-19 e desigualdade: a distribuição dos fatores de risco no Brasil*, Brasília, Observatório Nacional dos Direitos à Água e ao Saneamento (ONDAS).
- Rota, P. A. y otros (2003), "Characterization of a novel coronavirus associated with severe acute respiratory syndrome", *Science*, vol. 300, N° 5624.
- Sala, G. y otros (2020), "Association of BCG vaccination policy and tuberculosis burden with incidence and mortality of COVID-19", medRxiv [en línea] <https://doi.org/10.1101/2020.03.30.20048165>.

- Silva, L. E., F. H. M. Freire y R. H. M. Pereira (2016), “Diferenciais de mortalidade por escolaridade da população adulta brasileira em 2010”, *Caderno de Saúde Pública*, vol. 32, N° 4.
- Silva, L. L. S. L. y otros (2020), “Medidas de distanciamento social para o enfrentamento da Covid-19 no Brasil: caracterização e análise epidemiológica por estado”, *Cadernos de Saúde Pública*, vol. 36, N° 9.
- Soares, R. A. S. y otros (2015), “Determinantes socioambientais e saúde: o Brasil rural versus o Brasil urbano”, *Tempus, Actas de Saúde Coletiva*, vol. 9, N° 2.
- Souza, C. D. F. y otros (2020), “Evolução espaço-temporal da letalidade por COVID-19 no Brasil”, *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, vol. 46, N° 4.
- Universidad Johns Hopkins (2021), “COVID-19 dashboard” [en línea] <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>.
- Victora, C. G. y otros (1997), “The role of conceptual frameworks in epidemiological analysis: a hierarchical approach”, *International Journal of Epidemiology*, vol. 26, N° 1.
- Williamson, E. J. y otros (2020), “Factors associated with COVID-19-related death using OpenSAFELY”, *Nature*, vol. 584.
- Yancy, C. W. (2020), “COVID-19 and African Americans”, *JAMA*, vol. 323, N° 19.
- Yezli, S. y A. Khan (2020), “COVID-19 social distancing in the Kingdom of Sudi Arabia: bold measures in the face of political, economic, social and religious challenges”, *Travel Medicine and Infectious Disease*, vol. 37.
- Zhou, F. y otros (2020), “Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study”, *The Lancet*, vol. 395.

