

## Variaciones espacio-temporales de la mortalidad por COVID-19 durante las cuatro olas de propagación en Argentina, 2020-2022

Carlos Marcelo Leveau<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Doctor en Geografía. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Universidad Nacional de Lanús Argentina. Argentina. cmleveau@hotmail.com

### Resumen

Volumen 43, 2025

DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e357084>

Recibido: 02/05/2024

Aprobado: 05/11/2024

Publicado: 20/12/2024

#### Cita:

Leveau C. Variaciones espacio-temporales de la mortalidad por COVID-19 durante las cuatro olas de propagación en Argentina, 2020-2022. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 2025;43:e357084. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e357084>

**Objetivo:** Analizar la emergencia de los conglomerados espacio-temporales de la mortalidad por COVID-19, durante las cuatro olas de propagación en Argentina, entre 2020 y 2022, caracterizándolos por su nivel de densidad poblacional y nivel socioeconómico.

**Métodos:** Diseño de estudio ecológico retrospectivo aplicado a las muertes por COVID-19, en poblaciones de menos de 60 años y de 60 o más años, ocurridas en Argentina de 2020 a 2022. Las unidades espaciales ( $n = 527$ ) fueron los departamentos o áreas similares. Se empleó la técnica de escaneo espacio-temporal por permutaciones para la detección de los conglomerados de mortalidad alta y baja. Estos fueron comparados entre sí en términos del nivel de densidad poblacional y nivel socioeconómico.

**Resultados:** En la población menor de 60 años hubo difusión jerárquica, afectando al Gran Buenos Aires, en la primera ola, mientras, en la tercera, los conglomerados de mortalidad alta tendieron a localizarse en áreas de nivel socioeconómico bajo. En la población de 60 o más años hubo difusiones de la mortalidad de tipo jerárquica en las olas primera, tercera y cuarta. A excepción de las olas segunda y tercera, los conglomerados de mortalidad alta tendieron a localizarse en áreas de nivel socioeconómico alto, en comparación con los conglomerados de mortalidad baja.

**Conclusión:** Si bien el Gran Buenos Aires-La Plata —área más poblada del país— fue el más golpeado en términos de mortalidad tanto en las olas primera y tercera, la heterogeneidad espacio-temporal de los conglomerados detectados en las cuatro olas sugiere el reforzamiento de la representatividad geográfica de la vigilancia virológica y epidemiológica en el territorio argentino.

-----*Palabras clave:* análisis espacio-temporal, agrupamiento espacio-temporal, COVID-19, factores socioeconómicos, mortalidad, vigilancia epidemiológica.



Check for updates



© Universidad de Antioquia

Esta obra se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## Spatiotemporal variations in COVID-19 mortality during the four waves of spread in Argentina, 2020-2022

### Abstract

**Objective:** To analyze the emergence of spatiotemporal clusters of COVID-19 mortality, during the four waves of spread in Argentina, between 2020 and 2022, characterizing them by their level of population density and socioeconomic level.

**Methods:** Retrospective ecological study design applied to deaths from COVID-19, in populations under 60 years of age and 60 years of age or older, occurring in Argentina from 2020 to 2022. The spatial units ( $n = 527$ ) were departments or similar areas. The spatiotemporal permutation scanning technique was used to detect high and low mortality clusters. These were compared with each other in terms of population density level and socioeconomic level.

**Results:** In the population under 60 years of age, there was hierarchical diffusion, affecting Greater Buenos Aires, in the first wave, while, in the third, high mortality clusters tended to be located in areas of low socioeconomic level. In the population aged 60 or older, there were hierarchical mortality diffusions in the first, third and fourth waves. With the exception of the second and third waves, high mortality clusters tended to be located in areas of high socioeconomic level, compared to low mortality clusters

**Conclusion:** Although Greater Buenos Aires-La Plata —the most populated area in the country— was the hardest hit in terms of mortality in both the first and third waves, the spatiotemporal heterogeneity of the clusters detected in the four waves suggests the reinforcement of the geographical representativeness of virological and epidemiological surveillance in the Argentine territory.

-----*Keywords:* spatiotemporal analysis, spatiotemporal clustering, COVID-19, socioeconomic factors, mortality, epidemiological surveillance.

## Variações espaço-temporais na mortalidade por COVID-19 durante as quatro ondas de propagação na Argentina, 2020-2022

### Resumo

**Objetivo:** Analisar o surgimento de aglomerados espaço-temporais de mortalidade por COVID-19, durante as quatro ondas de propagação na Argentina, entre 2020 e 2022, caracterizando-os pelo seu nível de densidade populacional e nível socioeconômico.

**Métodos:** Desenho de estudo ecológico retrospectivo aplicado a mortes por COVID-19, em populações menores de 60 anos e 60 ou mais anos de idade, ocorridas na Argentina de 2020 a 2022. As unidades espaciais ( $n = 527$ ) foram os departamentos ou áreas semelhantes. A técnica de varredura de permutação espaço-temporal foi utilizada para detectar clusters de alta e baixa mortalidade. Estes foram comparados entre si em termos do nível de densidade populacional e do nível socioeconómico.

**Resultados:** Na população com menos de 60 anos houve difusão hierárquica, afetando a Grande Buenos Aires, na primeira onda, enquanto, na terceira, os aglomerados de alta mortalidade tenderam a localizar-se em áreas de baixo nível socioeconômico. Na população com 60 anos ou mais, ocorreram difusões hierárquicas de mortalidade na primeira, terceira e quarta ondas. Com exceção da segunda e terceira vagas, os aglomerados de mortalidade elevada tenderam a estar localizados em áreas de estatuto socioeconómico elevado, em comparação com os aglomerados de baixa mortalidade.

**Conclusão:** Embora a Grande Buenos Aires-La Plata – a área mais populosa do país – tenha sido a mais atingida em termos de mortalidade tanto na primeira quanto na terceira ondas, a heterogeneidade espaço-temporal dos clusters detectados nas quatro ondas sugere o reforço da representatividade geográfica da vigilância virológica e epidemiológica no território argentino.

-----*Palavras-chave:* análise espaço-temporal, agrupamento espaço-temporal, COVID-19, fatores socioeconômicos, mortalidade, vigilância epidemiológica.

## Introducción

Al 18 de marzo de 2023, la República Argentina sumaba 10 millones de infectados por el SARS-CoV-2 y 130 480 muertes acumuladas por coronavirus de 2019 (COVID-19) [1]. Estas muertes acumuladas se distribuyeron de manera desigual en el territorio, con las jurisdicciones de la Patagonia (Neuquén, Río Negro, Santa Cruz y Tierra del Fuego) y del centro del país (Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires —CABA—, La Pampa y San Luis) con las tasas brutas acumuladas de mortalidad por COVID-19 más altas [1].

A pesar de la declaración de fin de la emergencia sanitaria internacional en mayo de 2023, la Organización Mundial de la Salud (OMS) sigue considerando la COVID-19 una prioridad de salud pública y una amenaza para la salud mundial [2]. La circulación del SARS-CoV-2 es persistente, con el riesgo de aparición de nuevas variantes con mayor tasa de crecimiento y evasión inmunitaria. Por ende, es vital mantener los sistemas de vigilancia y su representatividad geográfica, con el fin de rastrear tanto las variantes conocidas como la detección de las nuevas [3].

Además, de acuerdo con la OMS, la circulación del SARS-CoV-2 no parece estabilizarse en un patrón estacional predecible [3]. Esta inestabilidad temporal en los patrones de transmisión también podría manifestarse en patrones espaciales y espacio-temporales inestables de transmisión del virus. Por lo tanto, el análisis de los recientes patrones de difusión espacial de la mortalidad por COVID-19, a lo largo de diferentes olas de propagación, podría aportar a una mejor anticipación ante la emergencia de nuevas pandemias.

Este análisis se torna más relevante debido a los diferentes escenarios presentados en cada ola en Argentina. Mientras la primera ola estuvo marcada por la implementación de medidas fuertes de distanciamiento social en una primera etapa [4], la segunda ola, con aumento de contagios, pero baja acentuada de la mortalidad [5], se caracterizó por un relajamiento de la restricción a la movilidad poblacional, especialmente fuera de las ciudades grandes. Las olas tercera y cuarta se diferenciaron por la introducción de “variantes de preocupación” asociadas a una mayor transmisibilidad del virus, y porque, en la tercera ola, cambiaron el patrón de mortalidad, afectando a población más joven [6]. Ambas olas también se caracterizaron por un proceso de inicio y culminación de la vacunación masiva contra la COVID-19.

Considerando la *difusión* como el movimiento de un fenómeno, de un lugar a otro y en un periodo de tiempo determinado, se espera que cada ola de propagación siga un modelo espacial caracterizado por diferentes fases. En el contexto de una pandemia, las primeras etapas implican la introducción de los primeros infectados

y muertes en las principales áreas urbanas, la difusión por contagio al interior de estas ciudades y la propagación paralela a ciudades de menor tamaño, siguiendo la estructura jerárquica —en términos de tamaño poblacional— del sistema de asentamientos (difusión jerárquica) [7-9]. Por lo tanto, el pico de mortalidad general mostraría una polarización geográfica alta, que reflejaría la jerarquía urbana del área afectada (país, estado) [8]. El descenso general de muertes se vería reflejado en una dispersión geográfica de conglomerados de mortalidad alta [8]. En las ciudades de menor tamaño poblacional, los individuos susceptibles se agotan rápidamente (tasa alta de contagio), por lo que las nuevas olas de propagación surgirían mediante la difusión jerárquica, siendo las principales ciudades los reservorios permanentes de infección [7].

Sin embargo, en el caso de la COVID-19, esta difusión de la mortalidad ha encontrado facilitadores de propagación en las áreas de mayor pobreza estructural [10-14]. Una serie de características contextuales ligadas a situaciones de pobreza estructural (hacinamiento de los hogares, acceso bajo a espacios verdes y de recreación, acceso bajo a alimentos saludables) [15], sumadas a la posición social de los individuos [16,17], están asociadas a un mayor riesgo de mortalidad por COVID-19. Al desempeñarse mayoritariamente en actividades económicas declaradas esenciales durante la pandemia de COVID-19, las poblaciones de nivel socioeconómico bajo han estado más expuestas al contagio por esta enfermedad. A esto se añade, en países latinoamericanos, una mayor inserción de estas poblaciones en el mercado de trabajo informal, lo que agrega más precariedad laboral, aumentando la posibilidad de contagio por COVID-19. Además de la imposibilidad de llevar a cabo teletrabajo para una vasta mayoría de población de nivel socioeconómico bajo, abrumadora evidencia muestra peores condiciones de salud en cuanto a factores de riesgo crónicos en esta población [18,19], que elevan la probabilidad de muerte por COVID-19.

Aunque la evidencia de asociación entre nivel socioeconómico y mortalidad por COVID-19 es abundante en el caso de los países de ingreso alto, las investigaciones enfocadas en las desigualdades socioespaciales de la mortalidad por COVID-19 al interior de las diferentes olas son más escasas. Y si bien existen varios estudios que analizan las variaciones socioespaciales entre olas [20-24], son muy pocos los que se ocupan de estas variaciones al interior de diferentes olas.

Los pocos estudios que analizaron variaciones socioespaciales en las olas de propagación lo hicieron durante la primera ola. En Estados Unidos, durante todo 2020, se encontró un patrón cronológico de emergencia de conglomerados de mortalidad por COVID-19, comenzando en la costa noreste, pasando al sur, luego

al centro-norte y, finalmente, al oeste del país [25]. En México detectaron conglomerados de mortalidad más amplios geográficamente —y con mayor número de muertes— en estados limítrofes del norte y sur del país, durante las semanas posteriores a la finalización de las medidas de distanciamiento social a nivel nacional [26]. En la ciudad de San Pablo (Brasil) se halló un mayor riesgo de mortalidad por COVID-19 en barrios de nivel socioeconómico alto al inicio de la primera ola, para rápidamente invertirse este riesgo, unas semanas después, en barrios de nivel socioeconómico bajo [14]. Sin embargo, es muy poco lo que se sabe sobre este tipo de análisis aplicado a lo acontecido en las sucesivas olas de mortalidad por COVID-19.

En este trabajo nos preguntamos: ¿cómo ha sido la difusión espacial de muertes por COVID-19 al interior de cada ola? Esta difusión, ¿siguió un patrón jerárquico, afectando primero a las áreas más urbanizadas? ¿La emergencia de conglomerados espacio-temporales tendió a ocurrir en áreas de nivel socioeconómico bajo en todas las olas? Por lo tanto, los objetivos de este estudio son: 1) analizar la emergencia de conglomerados espacio-temporales de mortalidad, y 2) caracterizarlos por su nivel de densidad poblacional y nivel socioeconómico, durante las cuatro olas de propagación en Argentina, entre 2020 y 2022.

## Métodos

Mediante un diseño de estudio ecológico retrospectivo —estudio que compara poblaciones utilizando datos ya recabados— analizamos las muertes por COVID-19 entre el 7 de marzo de 2020, fecha de confirmación del primer infectado por COVID-19 en el país, y el 31 de mayo de 2022, ocurridas en población residente de la República Argentina.

Este periodo de estudio fue dividido en las cuatro olas de mortalidad de la siguiente manera: la primera ola va desde el 7 de marzo de 2020 al 27 de diciembre de 2020; la segunda, desde el 22 de diciembre de 2020 al 21 de marzo de 2021; la tercera, desde el 22 de marzo de 2021 al 10 de noviembre de 2021, y la cuarta ola, desde el 11 de noviembre de 2021 al 31 de mayo de 2022. La fecha final de cada ola fue determinada suavizando el número diario de muertes por COVID-19 por medio de medias móviles de siete días. Luego, el día con menor número de muertes de esta tendencia suavizada fue establecido como el día final de la ola.

La República Argentina se localiza en el sur de América del Sur, con 46 234 830 habitantes de acuerdo con el Censo de 2022 [27]. El territorio argentino se compone de 24 jurisdicciones (23 provincias, más la CABA), de las cuales Buenos Aires, Córdoba, CABA y Santa Fe son las más pobladas y se localizan en el centro del país. Estas jurisdicciones están subdivididas territorialmente

en departamentos, partidos (provincia de Buenos Aires) y comunas (CABA).

Los datos de muertes por COVID-19 fueron obtenidos del Ministerio de Salud de la Nación [28], excepto en la CABA, donde el 58 % de las muertes de residentes no contó con dato de comuna de residencia. En cambio, los datos aportados por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires [29] mostraron mejor calidad en la variable de comuna de residencia (5 % en 2020, 4 % en 2021, y 31 % en 2022), optando por esta fuente en el caso de las muertes de residentes en la CABA.

El análisis de las muertes por COVID-19 fue dividido en dos grupos etarios, debido al mayor riesgo de mortalidad y letalidad en personas mayores: menores de 60 años de edad y mayores de 60 años. Como unidades espaciales ( $n = 527$ ) fueron considerados los partidos en la provincia de Buenos Aires, departamentos en resto de las provincias y las comunas en la CABA.

Con el objetivo de detectar las concentraciones espacio-temporales de muertes por COVID-19 al interior de cada ola, se empleó la técnica de escaneo espacio-temporal por permutaciones. La elección de esta técnica radica principalmente en su análisis simultáneo de la mortalidad por COVID-19 en espacio y tiempo.

Esta técnica analizó la concentración de muertes dentro de múltiples ventanas de tiempo variable y diferente tamaño geográfico, comparando el número esperado de muertes y el número observado de estas dentro y fuera de cada ventana [30]. Las *muertes esperadas* son aquellas que deberían ocurrir si las ubicaciones espaciales y temporales de todas las muertes fueran independientes entre sí, de modo que no existiera interacción espacio-temporal [30]. Estas muertes son comparadas con las ocurridas en cada ubicación espacial y temporal. Las ventanas son representadas mediante cilindros de diferente altura (periodo de tiempo) y base (espacio geográfico), en los cuales se concentran las muertes.

En nuestro estudio, la dimensión temporal está definida por el día de fallecimiento, mientras que la dimensión espacial son los partidos/departamentos/comunas de residencia del fallecido.

Debido a que esta técnica analiza las variaciones diarias de la mortalidad, es posible prescindir de la población residente en cada área, ya que son muy raros los cambios bruscos de tamaño poblacional cuando se trabaja a esta escala temporal. Por lo tanto, un conglomerado espacio-temporal es detectado por la técnica de escaneo espacio-temporal si, durante un período de tiempo específico, un área (una o más unidades espaciales) contiene una proporción mayor (o menor) de muertes con respecto al resto del área de estudio durante ese mismo período de tiempo [30].

Con el objetivo de detectar conglomerados de extensión geográfica pequeña, se estableció un límite geográfico máximo del 10 % de las muertes, mientras

que el periodo temporal máximo de cada conglomerado fue establecido hasta el 50 % del período de estudio. Para determinar aquellos conglomerados con menores probabilidades de ser explicados por el azar, se calcularon verosimilitudes máximas y el test de hipótesis de Montecarlo, realizando 999 simulaciones [30]. Los conglomerados detectados son numerados por el programa estadístico, siendo el conglomerado 1 el de mayor valor de la función de verosimilitud, y luego numerados consecutivamente de acuerdo con este valor.

Luego, fueron comparados los niveles de densidad poblacional y nivel socioeconómico, entre conglomerados de mortalidad alta y conglomerados de mortalidad baja, mediante pruebas de Wilcoxon de dos muestras. La *densidad poblacional* se define como la cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado, mientras que como indicador del nivel socioeconómico de área se empleó el porcentaje de población de 25 años y más con nivel educativo secundario completo o más. Ambas variables fueron obtenidas del Censo de 2022 [27].

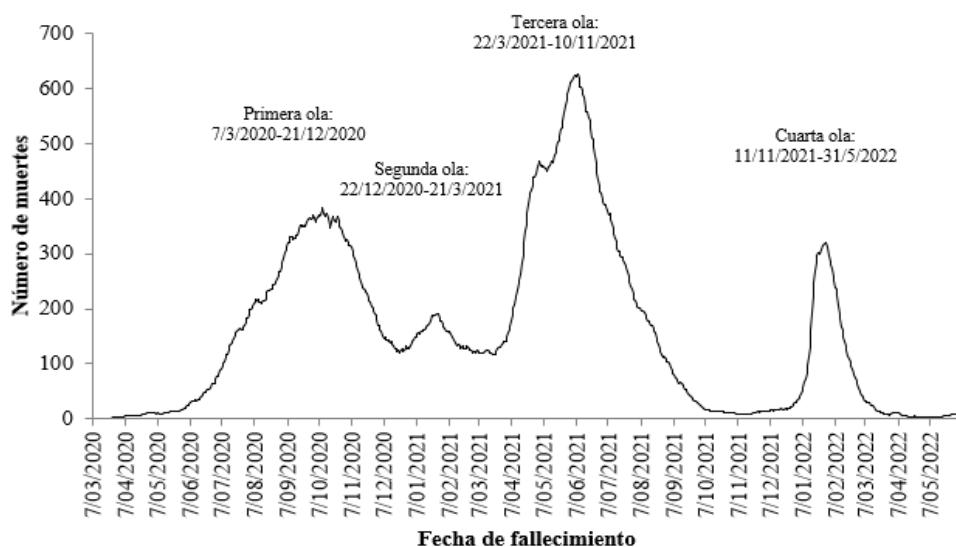
El escaneo espacio temporal por permutaciones fue realizado con el programa SaTScan versión v9.4.4, de uso libre, desarrollado por Martín Kulldorff, de la Har-

vard Medical School (Boston, EE. UU.) y el Information Management Services (Maryland, EE. UU.) [29], mientras que las pruebas de Wilcoxon se calcularon con el programa Stata/SE versión 13.1, desarrollado por Stata-Corp (College Station, Texas, EE. UU.). Este trabajo ha seguido las recomendaciones de la guía STROBE para estudios observacionales en epidemiología [31].

Finalmente, no se requirió aprobación alguna de un comité de ética de investigación, ya que las bases de datos no contenían los nombres y apellidos de las víctimas ni elementos que pudieran identificarlas, y las muertes fueron agregadas a nivel de departamentos, partidos o comunas.

## Resultados

Entre el 7 de marzo de 2020 y el 31 de mayo de 2022 fueron notificadas 128 487 muertes por COVID-19 en Argentina. A nivel nacional, estas muertes ocurrieron durante cuatro olas de propagación del SARS-CoV-2 (véase Figura 1).



**Figura 1.** Muertes diarias por COVID-19 en población residente de Argentina, 7 de marzo de 2020 al 31 de mayo de 2022

Tanto en la población menor de 60 años como en la población mayor de 60 años, la tercera ola registró el mayor número de muertes, mientras que la cuarta ola tuvo el menor número. El porcentaje de muertes en menores de 60 años durante la tercera ola casi duplicó el valor de las restantes olas (14 % en las tres olas). Por último, el porcentaje de muertes notificadas con área de residencia (comuna, partido o departamento) indeterminada no superó el 1 %, excepto en la cuarta ola, alcanzando el 6 % del total de muertes (véase Tabla 1).

Con respecto a la población menor de 60 años, en la primera ola, los conglomerados de mortalidad alta se concentraron en tres zonas del Gran Buenos Aires: emerge, primero, en abril de 2020, en la CABA; luego, en el sudoeste (fines de mayo) y, finalmente, en el norte (julio). En el resto de la Argentina surgieron conglomerados de mortalidad baja de gran extensión territorial, mayormente entre abril y septiembre de 2020 (véase Figura 2).

**Tabla 1.** Muertes por COVID-19 desagregadas por ola, grupos de edad y porcentaje de muertes sin información sobre área de residencia. Argentina, 7 de marzo de 2020 al 31 de mayo de 2022.

Olas	Muertes por grupo de edad				Muertes totales	Muertes sin área* de residencia (%)		
	0-59 años	Porcentaje	60+ años	Porcentaje		0-59 años	60+ años	Totales
Ola 1 (7 de marzo de 2000-21 de diciembre de 2020)	6509	14,50	38 381	85,50	44 890	0,7	0,8	0,8
Ola 2 (22 de diciembre de 2020-21 de marzo de 2021)	1814	14,10	11 051	85,90	12 865	0,3	0,6	0,6
Ola 3 (22 de marzo de 2021-10 de noviembre de 2021)	15 973	27,23	42 694	72,77	58 667	0,3	0,4	0,4
Ola 4 (11 de noviembre de 2021-31 de marzo de 2022)	1679	13,92	10 386	86,08	12 065	4,2	6,3	6,0
Total	25 975	20,22	102 512	79,78	128 487	0,6	1,2	1,1

\* Comuna, departamento o partido.

Durante la segunda ola, solo emergió un conglomerado de mortalidad baja, mayormente localizado en la provincia de Chaco, entre fines de febrero y principios de marzo de 2021.

En el inicio de la tercera ola, entre abril y mayo de 2021, emergió un conglomerado de mortalidad alta en la zona sur del Gran Buenos, Gran La Plata y municipios aledaños. Luego, entre junio y octubre, emergió un conglomerado de mortalidad alta en el extremo norte argentino.

Los conglomerados de mortalidad baja pueden ser divididos en dos grupos: los primeros que emergieron en un rango temporal entre marzo y mayo, sobre todo en el centro de la Argentina; y luego, dos conglomerados, en la CABA y municipios del norte del Gran Buenos Aires, emergieron entre junio y octubre.

Finalmente, en la cuarta ola emergieron dos conglomerados de mortalidad alta en el norte de la Patagonia y en el Gran San Miguel de Tucumán y partidos aledaños, ambos entre la segunda mitad de noviembre de 2021 y principios de enero de 2022.

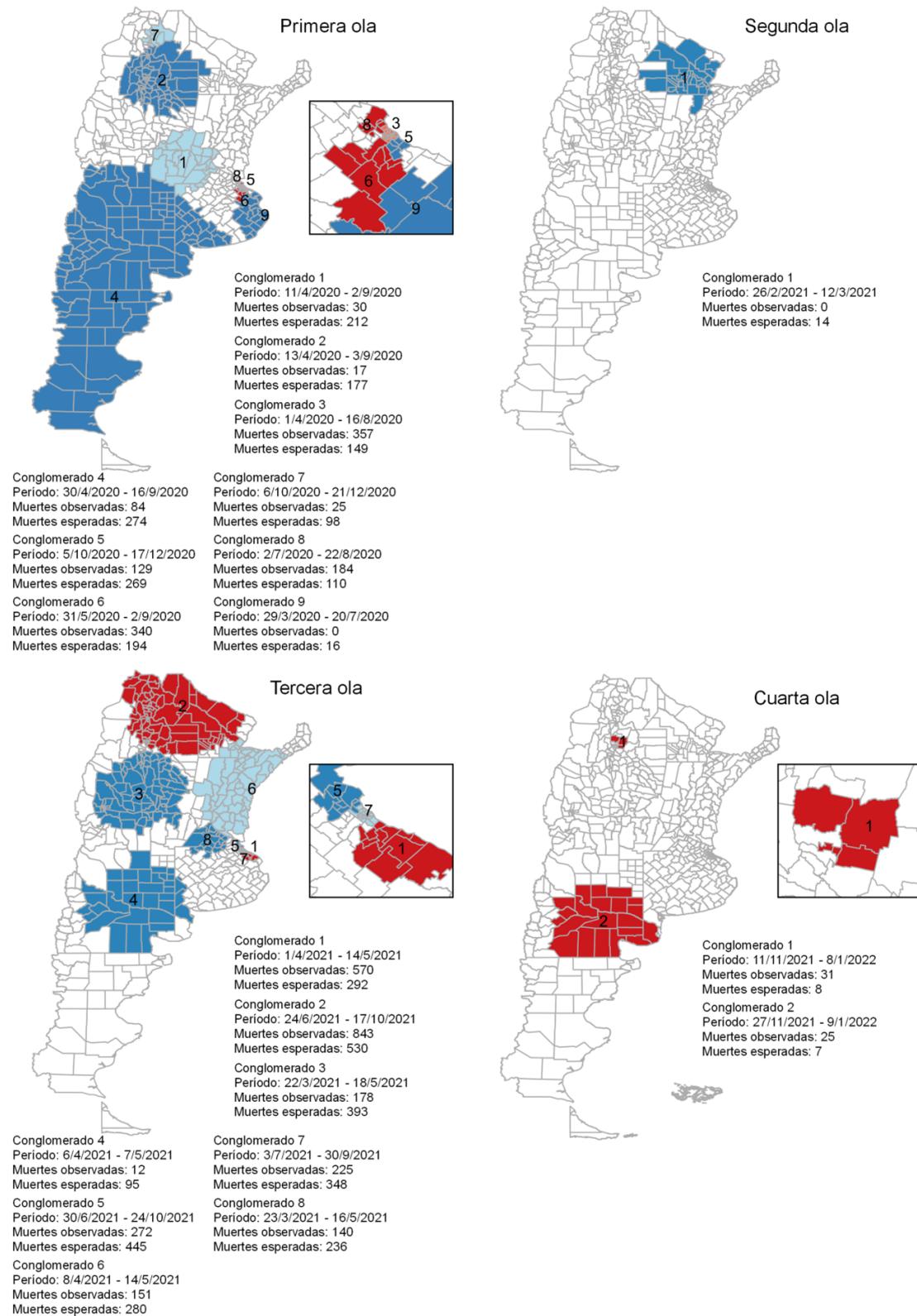
En cuanto a la población mayor de 60 años, durante la primera ola emergieron cuatro conglomerados de mortalidad alta en el Gran Buenos Aires: dos en la CABA y partidos aledaños de la zona oeste desde abril hasta agosto y septiembre de 2020, y luego otros dos conglomerados más periféricos, que emergieron a partir de junio y hasta principios de septiembre (véase Figura 3). Los conglomerados de mortalidad baja mostraron una distribución espacio-temporal muy similar a los detectados en población menor de 60 años.

En la segunda ola emergieron, entre fines de diciembre de 2020 y principios de enero de 2021, dos conglomerados de mortalidad alta, en el sudeste de la provincia de Chaco y en el centro de la Patagonia. Los cuatro conglomerados de mortalidad baja surgieron en diferentes áreas del centro-norte argentino.

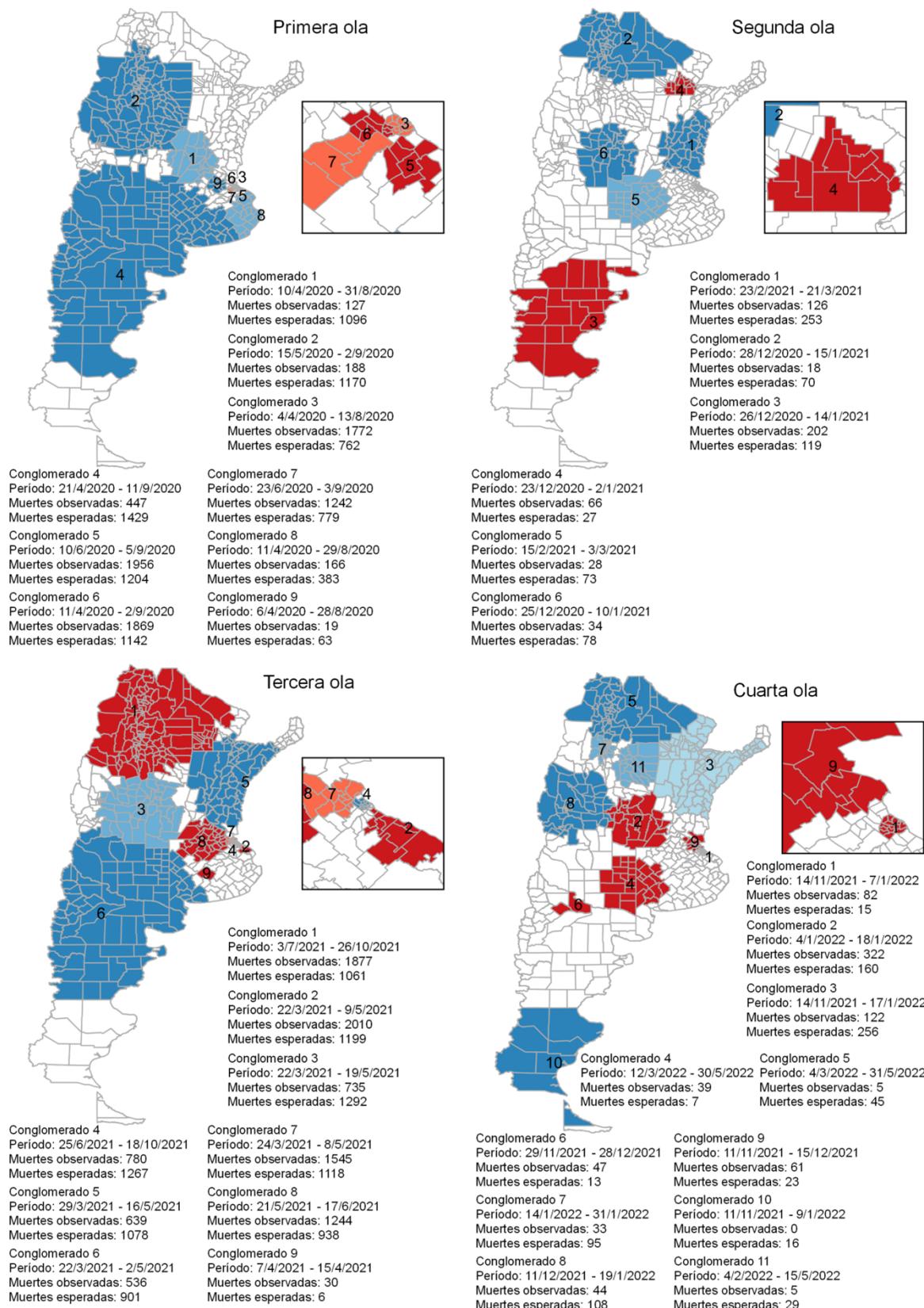
Durante la tercera ola, los dos primeros conglomerados de mortalidad emergieron entre fines de marzo y principios de mayo de 2021, en las zonas norte y sur del Gran Buenos Aires y municipios cercanos. Inmediatamente, entre fines de mayo y mediados de junio pareció darse una difusión de la mortalidad a un área contigua mayor, que cubrió principalmente en el norte de la provincia de Buenos Aires. Luego, entre julio y octubre, emergió un conglomerado de mortalidad alta en el norte argentino.

Rodeando a los primeros conglomerados de alta mortalidad, entre fines de marzo y principios de mayo emergieron tres conglomerados grandes de mortalidad baja en el centro de la Argentina. Luego, entre junio y octubre emergió un conglomerado en la CABA, mostrando una baja más pronunciada de la mortalidad durante la fase descendente de la ola, con respecto al resto del país.

Finalmente, en la cuarta ola, los tres primeros conglomerados de alta mortalidad emergieron en la CABA, municipios del norte del Gran Buenos Aires y áreas aledañas, y en el Gran Neuquén y ciudades cercanas (departamentos de Confluencia y General Roca). Luego, en la primera mitad de enero de 2022 emergió un conglomerado localizado mayoritariamente en la provincia de



**Figura 2.** Conglomerados espacio-temporales de mortalidad por COVID-19 en población de 0-59 años (todos los conglomerados con valor  $p < 0,05$ ). Argentina, 7 de marzo de 2020 - 31 de mayo de 2022. En tonos rojos conglomerados de mortalidad alta y en tonos azules conglomerados de mortalidad baja.



**Figura 3.** Conglomerados espacio-temporales de mortalidad por COVID-19 en población mayor de 60 años (todos los conglomerados con valor  $p < 0,05$ ). Argentina, 7 de marzo de 2020 - 31 de mayo de 2022. En tonos rojos conglomerados de mortalidad alta y en tonos azules conglomerados de mortalidad baja.

Córdoba y, por último, un conglomerado que ocupó el este de la provincia de La Pampa y oeste de la provincia de Buenos Aires, entre marzo y mayo de 2022.

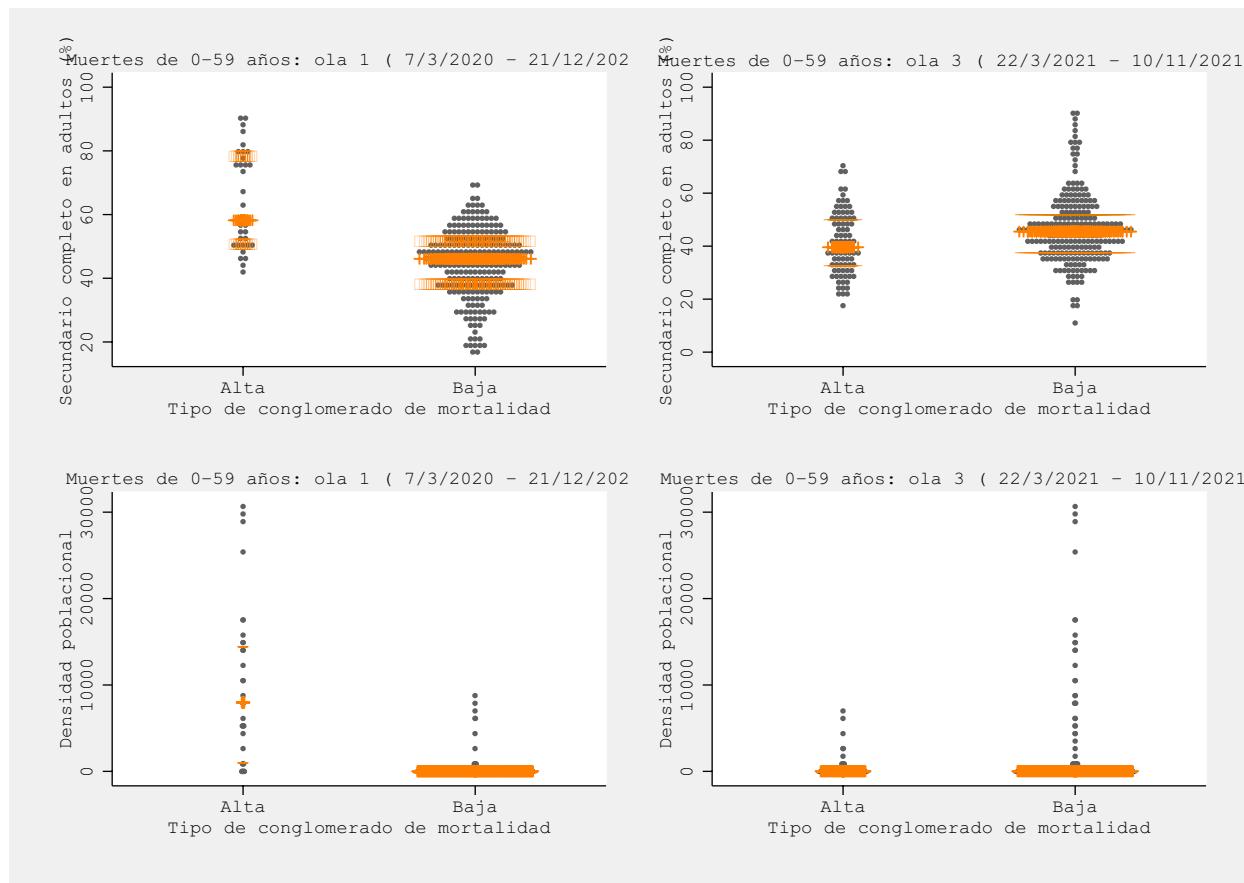
Con respecto a los conglomerados de mortalidad baja, emergieron tanto en el norte como en el extremo sur de la Argentina.

## Conglomerados, densidad poblacional y nivel socioeconómico

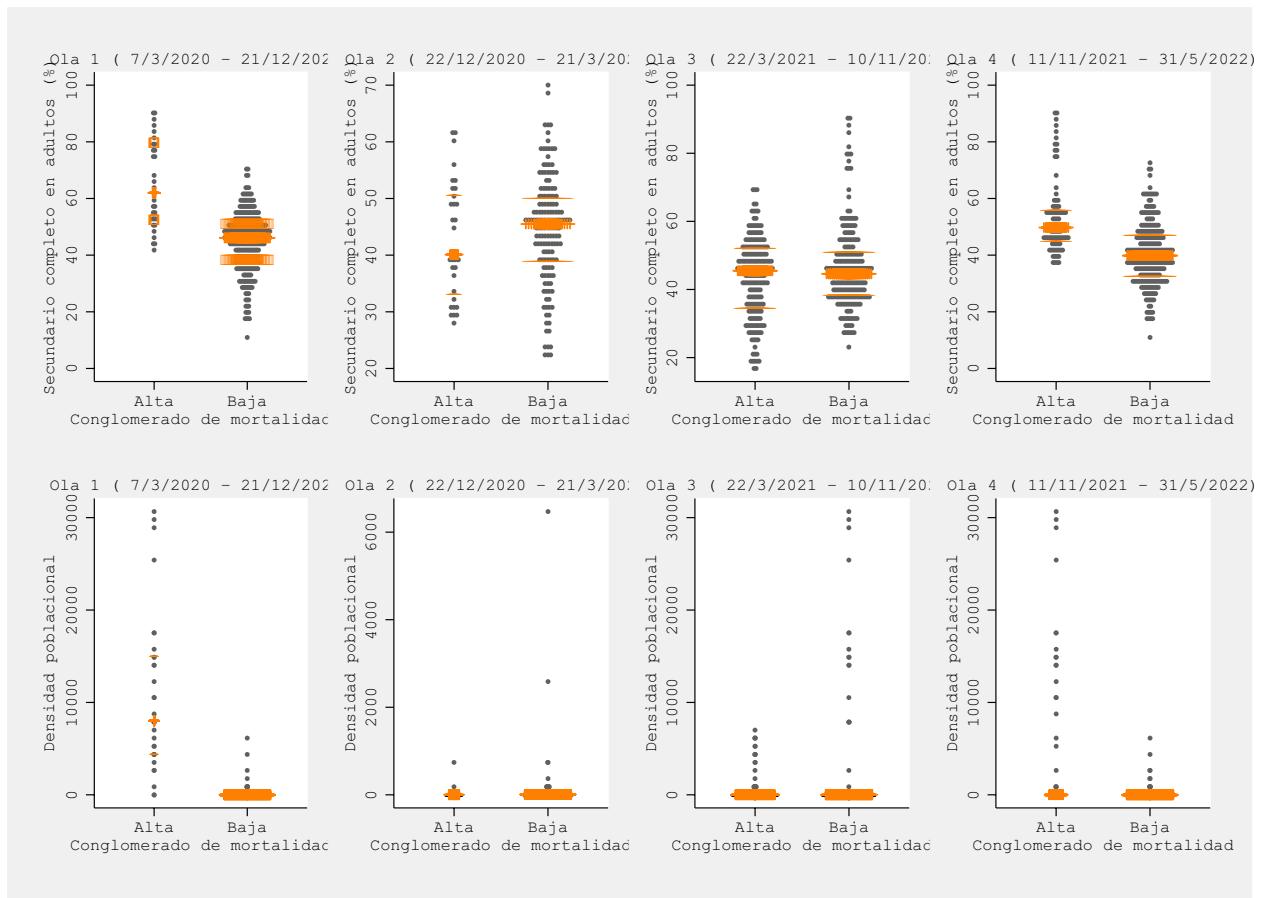
Con respecto a la población menor de 60 años, durante la primera ola (véase Figura 4), los conglomerados de mortalidad alta tendieron a localizarse en áreas de mayor densidad poblacional (prueba de Wilcoxon:  $z = 8,7; p < 0,001$ ) y mayor nivel socioeconómico ( $z = 6,4; p < 0,001$ ), con respecto a los conglomerados de mortalidad baja. Por ejemplo, en la Figura 4 puede

observarse que, en el caso del nivel socioeconómico, el conjunto de áreas pertenecientes a conglomerados de mortalidad alta se distribuye entre el 40 y el 90 % de población adulta con nivel secundario completo, a niveles más altos, en comparación con el conjunto de áreas localizadas en conglomerados de mortalidad baja. En la tercera ola, los conglomerados de mortalidad alta tendieron a localizarse en áreas de menor nivel socioeconómico, comparados con los conglomerados de mortalidad baja ( $z = -3,0; p < 0,05$ ). No hubo diferencias entre ambas áreas al considerar la densidad poblacional ( $z = -0,1; p = 0,95$ ).

En cuanto a la población de más de 60 años (véase Figura 5), durante la primera ola, los conglomerados de mortalidad alta tendieron a localizarse en áreas de mayor nivel socioeconómico ( $z = 6,5; p < 0,001$ ) y alta densidad poblacional ( $z = 9,0; p < 0,001$ ) con respecto a los conglomerados de mortalidad baja.



**Figura 4.** Distribución del porcentaje de población de más de 25 años con estudios secundarios completos (arriba) y la densidad poblacional (abajo) entre áreas pertenecientes a conglomerados de mortalidad baja y áreas pertenecientes a conglomerados de mortalidad alta, en población de 0-59 años. Argentina, 7 de marzo de 2020 - 31 de mayo de 2022. Cada punto gris representa un área (comuna, departamento o partido); las cruces naranjas representan la mediana, y las líneas naranjas, el rango intercuartílico.



**Figura 5.** Distribución del porcentaje de población de más de 25 años con estudios secundarios completos (arriba) y la densidad poblacional (abajo) entre áreas pertenecientes a conglomerados de mortalidad baja y áreas pertenecientes a conglomerados de mortalidad alta, en población de más de 60 años. Argentina, 7 de marzo de 2020 - 31 de mayo de 2022. Cada punto gris representa un área (comuna, departamento o partido); las cruces naranjas representan la mediana, y las líneas naranjas, el rango intercuartílico.

En la segunda ola, no hubo diferencias entre ambas áreas, al considerar el indicador de nivel socioeconómico ( $z = -1,1; p = 0,26$ ; 60 o más años), mientras los conglomerados de mortalidad alta tendieron a localizarse en áreas de baja densidad poblacional ( $z = -3,0; p < 0,05$ ; 60 o más años).

Al igual que en la segunda ola, en la tercera no hubo diferencias entre ambas áreas al considerar el indicador de nivel socioeconómico ( $z = -1,2; p = 0,25$ ; 60 o más años), mientras que la densidad poblacional tendió a ser mayor en conglomerados de mortalidad alta ( $z = 4,2; p < 0,001$ ) en comparación a los conglomerados de mortalidad baja (60 o más años).

En cambio, durante la cuarta ola, los conglomerados de mortalidad alta tendieron a localizarse en áreas de mayor nivel socioeconómico ( $z = 7,7; p < 0,001$ ) y alta densidad poblacional ( $z = 3,8; p < 0,001$ ; 60 o más años).

## Discusión

En este estudio encontramos heterogeneidad en la difusión geográfica de la mortalidad por COVID-19 al interior de cada una de las cuatro olas entre 2020 y 2022. En el caso de la población mayor de 60 años, cuya mortalidad fue mucho mayor con respecto a la población más joven, esta heterogeneidad de la difusión geográfica intraola se vio reflejada en difusiones de tipo jerárquica (olas primera, tercera y cuarta) y no jerárquica (segunda ola).

Con respecto a las variaciones socioespaciales, a excepción de la segunda ola, se encontró una alternancia entre olas con emergencia de conglomerados afectando áreas con niveles bajos de pobreza (olas primera y cuarta), y la tercera ola, con conglomerados localizados en áreas con niveles más altos de pobreza (solo en población de 0-59 años).

Durante la primera ola, nuestros resultados confirman lo encontrado en un estudio previo que analizó la difusión espacial de la mortalidad por COVID-19 entre marzo y octubre de 2020 en Argentina [32]: en nuestro caso, extendiendo el análisis hasta diciembre de 2020, no hallamos una difusión de la mortalidad hacia las áreas de mayor pobreza estructural hacia la segunda mitad de la primera ola. No obstante, la mortalidad por COVID-19 tuvo un impacto desproporcionado en los barrios de menor nivel socioeconómico de la CABA [5], jurisdicción donde emergieron por primera vez conglomerados de mortalidad alta por COVID-19 en ambos grupos etarios.

En esta jurisdicción, la proximidad geográfica alta entre barrios de nivel socioeconómico alto, donde se registraron los primeros contagios provenientes de Europa, y barrios de nivel socioeconómico bajo, sumado principalmente a las condiciones de hacinamiento imperantes en estos últimos, pudieron haber propiciado niveles altos de desigualdad socioespacial de la mortalidad por COVID-19 en la primera ola [5].

Por lo tanto, las medidas de restricción a la movilidad poblacional impuestas por el decreto de Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio [4] posiblemente tuvieron más impacto al restringir la difusión geográfica interurbana de casos, especialmente desde el Gran Buenos Aires hacia las siguientes ciudades de mayor tamaño poblacional (Córdoba y Rosario) y luego a hacia las demás capitales provinciales.

Lo ocurrido en Argentina, en términos de una desigual distribución de muertes hacia las áreas de mayor pobreza, difiere de lo encontrado en otros países durante la primera ola. En Brasil [13,14], Chile [33], Estados Unidos [10,34] y Francia [12] —por citar algunos países— se produjo una difusión rápida de la mortalidad por COVID-19 en áreas de nivel socioeconómico bajo. Sin embargo, un estudio reciente, de 2024, llevado a cabo en dos provincias argentinas, mostró que las poblaciones de más de 25 años de edad, con nivel educativo bajo (hasta nivel secundario incompleto), tuvieron más probabilidad de morir por COVID-19 en comparación con las poblaciones de nivel educativo medio y alto, luego de considerar el nivel de pobreza y densidad poblacional de los departamentos [35].

Durante la segunda ola, la ausencia de patrones jerárquicos de difusión y desigualdades socioespaciales remite a Smallman-Raynor *et al.* [8], quienes plantean que, luego de la etapa de “madurez” —pico de muertes y patrón espacial jerárquico—, viene la de “decadencia” de la ola, caracterizada por una menor intensidad de muertes y ausencia de un patrón claro de difusión espacial. Estas características están posiblemente asociadas a niveles altos de inmunidad adquiridos por infecciones durante la primera ola en las principales áreas urbanas [36-38].

Luego, durante la tercera ola, la irrupción de la variante Gamma, asociada a reinfecciones [39] y mayores niveles de mortalidad en población relativamente más joven con respecto a la primera ola [6], pudo haber marcado el reinicio de un nuevo patrón de desigualdad socioespacial, pero esta vez de alcance geográfico mayor —con respecto a la primera ola—, afectando al norte de la Argentina.

El relajamiento de las medidas de distanciamiento social, desde el verano de 2020 a 2021 [40-42], pudo haber facilitado la propagación de contagios hacia departamentos de menor nivel socioeconómico del norte argentino, incidiendo especialmente a población relativamente más joven, como fue analizado al comparar la mortalidad por COVID-19 en población de 0-59 años, entre conglomerados de mortalidad alta y baja, durante la tercera ola.

Con respecto a la población mayor de 60 años durante la tercera ola, pareció existir una progresión temporal intraola de la mortalidad por COVID-19 hacia áreas de mayor pobreza estructural. Es decir, los primeros conglomerados de mortalidad alta, localizados en el norte de la provincia de Buenos Aires, tuvieron mayores valores de porcentaje de población adulta con educación secundaria completa (valores combinados de conglomerados 2, 7 y 8: promedio = 50,8; IC 95 % = 49,3-52,3) con respecto al conglomerado 1, detectado en la segunda mitad de la tercera ola (promedio = 39,8; IC 95 % = 37,7-42,0). Esta emergencia de conglomerados en áreas de nivel socioeconómico bajo en la segunda mitad de la tercera ola podría estar relacionada con la probable difusión jerárquica de las nuevas variantes —especialmente Gamma—, ya que los primeros conglomerados de mortalidad alta surgieron en partidos del norte y sur del Gran Buenos Aires, más otros partidos aledaños.

Durante la cuarta ola, los conglomerados de mortalidad alta por COVID-19 tendieron a localizarse en áreas de mayor densidad poblacional y menores niveles de pobreza, en comparación con los de baja mortalidad. Esto se dio en un contexto de vacunación masiva y mayor transmisibilidad del SARS-CoV-2, pero sin medidas de restricción a la movilidad poblacional. Estudios realizados en Estados Unidos encontraron concentraciones geográficas de mortalidad alta por COVID-19 en áreas con porcentajes de vacunación inferiores al nivel nacional [23,38]. En los casos particulares de los conglomerados detectados en departamentos del Gran Neuquén (60 o más años), Gran San Miguel de Tucumán (0-59 años) y gran parte de la provincia de Córdoba (60 o más años), diversos factores locales pudieron estar asociados al aumento de muertes en estas áreas. Se puede hipotetizar que estos conglomerados podrían corresponder a poblaciones con tasas bajas de vacunación. Sin embargo,

estas provincias no contaban con tasas bajas de vacunación, tanto en primera como segunda dosis, de acuerdo con datos actualizados hasta principios de junio de 2022 [43].

Este estudio presenta varias limitaciones. Primero, no contamos con información sobre prevalencia de comorbilidades a nivel departamental en Argentina, por lo que no fue posible comparar su distribución con los conglomerados de mortalidad por COVID-19. Segundo, es posible el subregistro de muertes por COVID-19, más probablemente durante los picos de cada ola —especialmente en la tercera ola, de mayor número de muertes, debido a sobrecargas de trabajo en trabajadoras y trabajadores de la salud—. Sin embargo, desconocemos si este posible subregistro de muertes se concentró en determinadas áreas geográficas. Por último, cualquier estudio ecológico presenta el *problema de la unidad de área modificable*, consistente en el uso de unidades espaciales delineadas de manera arbitraria para analizar un fenómeno geográficamente continuo.

En conclusión, al analizar las variaciones espacio-temporales de la mortalidad por COVID-19 al interior de cada ola, este estudio mostró la heterogeneidad socioespacial entre las cuatro olas. De acuerdo con lo observado en otros países durante la primera ola, era esperable que emergieran conglomerados de mortalidad alta en las regiones de menor nivel socioeconómico de la Argentina. Sin embargo, esto no sucedió, al menos a nivel nacional, sugiriendo que las medidas de restricción a la movilidad poblacional, aplicadas en los primeros meses de la primera ola, obstaculizaron la difusión rápida de casos de COVID-19 al interior del territorio argentino.

Por otro lado, era esperable un mayor nivel de contagio y mortalidad en las áreas más urbanizadas. Así, el Gran Buenos Aires-La Plata —área más poblada del país— fue el más golpeado en términos de mortalidad tanto en la primera ola como en la tercera, cuando nuevas variantes del SARS-CoV-2 emergieron. Sin embargo, durante la tercera ola se detectaron picos de mortalidad por COVID-19 fuera de las ciudades grandes. Estos resultados mostrarían no solo la inestabilidad de los patrones temporales de transmisión del SARS-CoV-2, sino también la emergencia de diferentes geografías de la mortalidad por COVID-19. Esto sugiere una concentración de esfuerzos de vigilancia virológica y epidemiológica temprana en el Gran Buenos Aires-La Plata, pero asimismo el reforzamiento de la representatividad geográfica de ambas en el territorio argentino.

## Declaración de fuente de financiación

Carlos M. Leveau tuvo financiamiento de la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación, PICT 2021-I-INV1-00683.

## Declaración de conflictos de intereses

El autor declara no tener conflicto de interés con respecto a la investigación, autoría y publicación de este manuscrito.

## Declaración de responsabilidad

El autor declara tener responsabilidad en todos los resultados y el manuscrito.

## Declaración de contribución por autores

Carlos M. Leveau contribuyó en la concepción del artículo, análisis e interpretación de los datos, redacción y revisión crítica del contenido de la versión final del manuscrito.

## Referencias

1. Argentina, Ministerio de Salud de la Nación. Boletín Epidemiológico Nacional. Semana epidemiológica 11. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación; 2023.
2. Organización Panamericana de la Salud. La COVID-19 es ahora un problema de salud establecido y persistente [internet]. 2023 may. 8 [citado 2024 ene. 10]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/8-5-2023-covid-19-es-ahora-problema-salud-establecido-persistente>
3. World Health Organization. From emergency response to long-term COVID-19 disease management: Sustaining gains made during the COVID-19 pandemic. Geneva: World Health Organization; [internet]. 2023 may. 3 [citado 2024 ene. 10]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-WHE-SPP-2023-1>
4. Argentina. Decreto 297. Aislamiento social preventivo y obligatorio - Boletín Oficial República Argentina [internet]. 2020 mar. 19 [citado 2024 dic. 2]. Disponible en: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/227042/20200320>
5. Leveau CM, Soares Bastos L. Desigualdades socioespaciales de la mortalidad por COVID-19 en tres olas de propagación: un análisis intraurbano en Argentina. Cad. Saúde Pública 2022;38(5):e00163921. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311XES163921>
6. Freitas ARR, Beckedorff OA, Cavalcanti LP de G, et al. The emergence of novel SARS-CoV-2 variant P.1 in Amazonas (Brazil) was temporally associated with a change in the age and sex profile of COVID-19 mortality: A population based ecological study. Lancet Reg Health Am. 2021;1:100021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lana.2021.100021>
7. Cliff A, Haggett P, Smallman-Raynor M. Deciphering global epidemics: Analytical approaches to the disease records of world cities, 1888-1912. Cambridge: Cambridge University Press; 1998. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511549489>
8. Smallman-Raynor M, Cliff AD, et al. A Geography of infection: Spatial processes and patterns in epidemics and pandemics. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press; 2022. DOI: <https://doi.org/10.1093/oso/9780192848390.001.0001>

9. Meade MS, Emch M. Medical geography. 3rd edn. New York: Guilford Press; 2010.
10. Zhang CH, Schwartz GG. Spatial disparities in coronavirus incidence and mortality in the United States: An ecological analysis as of May 2020. *J. Rural Health*. 2020;36(3):433-45. DOI: <https://doi.org/10.1111/jrh.12476>
11. Cordes J, Castro MC. Spatial analysis of COVID-19 clusters and contextual factors in New York City. *Spat Spatiotemporal Epidemiol*. 2020;34:100355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sste.2020.100355>
12. Deguen S, Kihal-Talantikite W. Geographical pattern of COVID-19-related outcomes over the pandemic period in France: A nationwide socio-environmental study. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 2021;18(4):1824. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041824>
13. Maciel JAC, Castro-Silva II, Farias MR de. Initial analysis of the spatial correlation between the incidence of COVID-19 and human development in the municipalities of the state of Ceará in Brazil. *Rev. Bras. Epidemiol.* 2020;23:e200057. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-549720200057>
14. Bermudi PMM, Lorenz C, de Aguiar BS, et al, Chiaravalloti-Neto F. Spatiotemporal ecological study of COVID-19 mortality in the city of São Paulo, Brazil: shifting of the high mortality risk from areas with the best to those with the worst socio-economic conditions. *Travel Med. Infect. Dis.* 2021;39:101945. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101945>
15. Albuquerque MV de, Ribeiro LHL. Desigualdade, situação geográfica e sentidos da ação na pandemia da COVID-19 no Brasil. *Cad. Saúde Pública*. 2021;36(12). DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00208720>
16. Spijker JJA, Trias-Llimós S. Cause-specific mortality in Spain during the pandemic: Educational differences and its impact on life expectancy. *Eur. J. Public Health* 2023;33(3):543-9. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckad036>
17. Angelici L, Sorge C, Di Martino M, et al. Incidence of SARS-CoV-2 infection and related mortality by education level during three phases of the 2020 pandemic: A population-based cohort study in Rome. *J. Clin. Med.* 2022;11(3):877. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm11030877>
18. Hummer RA, Lariscy JT. Educational attainment and adult mortality. En: Rogers RG, Crimmins EM, editores. International handbook of adult mortality. Dordrecht: Springer Netherlands; 2011. pp. 241-61. DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-9996-9\\_12](http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-9996-9_12)
19. Rodríguez López S, Bilal U, et al. Educational inequalities, urbanicity and levels of non-communicable diseases risk factors: Evaluating trends in Argentina (2005-2013). *BMC Public Health*. 2021;21:1-12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11617-8>
20. Petrelli A, Ventura M, Di Napoli A, et al. Geographic heterogeneity of the epidemiological impact of the COVID-19 pandemic in Italy using a socioeconomic proxy-based classification of the national territory. *Front. Public Health*. 2023;11:1143189. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1143189>
21. Oroszi B, Juhász A, Nagy C, et al. Unequal burden of COVID-19 in Hungary: A geographical and socioeconomic analysis of the second wave of the pandemic. *BMJ Glob. Health*. 2021;6(9):e006427. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2021-006427>
22. Oroszi B, Juhász A, Nagy C, et al. Characteristics of the third COVID-19 pandemic wave with special focus on socioeconomic inequalities in morbidity, mortality and the uptake of COVID-19 Vaccination in Hungary. *J. Pers. Med.* 2022;12(3):388. DOI: <https://doi.org/10.3390/jpm12030388>
23. Cuadros DF, Moreno CM, Musuka G, et al. Association between vaccination coverage disparity and the dynamics of the COVID-19 Delta and Omicron waves in the US. *Front. Med.* 2022;9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.898101>
24. Xavier DR, Silva EL e, Lara FA, et al. Involvement of political and socio-economic factors in the spatial and temporal dynamics of COVID-19 outcomes in Brazil: A population-based study. *Lancet Reg. Heal. Am.* 2022;10:100221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lana.2022.100221>
25. Jackson SL, Derakhshan S, Blackwood L, et al. Spatial disparities of COVID-19 cases and fatalities in United States counties. *Int. J. Environ. Res. Public. Health*. 2021;18(16):8259. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18168259>
26. Benita F, Gasca-Sánchez F. The main factors influencing COVID-19 spread and deaths in Mexico: A comparison between phases I and II. *Appl. Geogr.* 2021;134:102523. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2021.102523>
27. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022 [internet]. 2022 [citado 2024 sep. 22]. Disponible en: <https://censo.gob.ar/>
28. Argentina, Ministerio de Salud de la Nación. Datos abiertos del Ministerio de Salud - COVID-19. Casos registrados en la República Argentina [internet]. 2023 [citado 2023 jun. 8]. Disponible en: <http://datos.salud.gob.ar/dataset/covid-19-casos-registrados-en-la-republica-argentina>
29. Buenos Aires Ciudad. Buenos Aires Data - Casos COVID-19 [internet]. 2023 [citado 2023 sep. 4]. Disponible en: <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/casos-covid-19>
30. Kulldorff M. SaTScan user guide for version 10.1. 2022. [internet]. 2023 may. 8 [citado 2024 ene. 10]. Disponible en: <https://www.satscan.org/techdoc.html>
31. Von Elm E, Altman DG, Egger M, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: Guidelines for reporting observational studies. *The Lancet*. 2007; 370(9596):1453-7. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61602-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61602-X)
32. Leveau CM. Difusión espacio-temporal de muertes por COVID-19 en Argentina. *Rev. Panam. Salud Pública*. 2021;45:e3. DOI: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2021.3>
33. Mena GE, Martinez PP, Mahmud AS, et al. Socioeconomic status determines COVID-19 incidence and related mortality in Santiago, Chile. *Science*. 2021;372(6545):eabg5298. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abg5298>
34. Cuadros DF, Branscum AJ, Mukandavire Z, et al. Dynamics of the COVID-19 epidemic in urban and rural areas in the United States. *Ann. Epidemiol.* 2021;59:16-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2021.04.007>
35. Leveau CM, Velázquez GA. Mortalidad por COVID-19: desigualdades educativas y contexto socio-espacial en dos provincias de Argentina. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública*. 2024;41(2):171-7. DOI: <https://orcid.org/0000-0001-6240-9811>
36. Dirección General de Estadística y Censos. Encuesta de seroprevalencia de COVID-19. Ciudad de Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Hacienda GCBA; 2020.
37. Golinelli D, Lenzi J, Adja KYC, et al. Small-scale spatial analysis shows the specular distribution of excess mortality between the first and second wave of the COVID-19 pandemic in Italy. *Public Health*. 2021; 194:182-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2021.03.008>
38. Park YM, Kearney GD, Wall B, et al. COVID-19 deaths in the United States: Shifts in hot spots over the three phases of the pan-

- demic and the spatiotemporally varying impact of pandemic vulnerability. *Int. J. Environ. Res. Public. Health.* 2021;18(17):8987. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18178987>
- 39. Prete CA, Buss LF, Buccheri R, et al. Reinfection by the SARS-CoV-2 Gamma variant in blood donors in Manaus, Brazil. *BMC Infect. Dis.* 2022;22(1):127. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12879-022-07094-y>
  - 40. Cuarto: Salta a Diario. COVID 19 en Salta. Docentes de un colegio de La Caldera decidieron no dar clases presenciales ante el aumento de casos. Cuarto: Salta a Diario [internet]. 2021 may. 18 [citado 2024 sep. 23]. Disponible en: <https://www.cuarto.com.ar/covid-19-en-salta-docentes-de-un-colegio-de-la-caldera-decidieron-no-dar-clases-presenciales-ante-el-aumento-de-casos/>
  - 41. Mamani M. Ya son 20 los docentes jujeños fallecidos por Covid. Piden la suspensión de clases presenciales en Jujuy. Página12 [internet]. 2021 may. 27 [citado 2024 ene. 26]. Disponible en: <https://www.pagina12.com.ar/344170-ya-son-20-los-docentes-jujenos-fallecidos-por-covid>
  - 42. Todo Jujuy. Polémica por eventos multitudinarios de carnaval en el norte. Todo Jujuy [internet]. 2021 feb. 13 [citado 2024 ene. 26]. Disponible en: <https://www.todojujuy.com/jujuy/polemica-eventos-multitudinarios-carnaval-el-norte-n145621>
  - 43. Centro de Implementación e Innovación en Políticas de Salud. Tablero de control dinámico COVID-CIIPS Argentina [internet]. 2022 [citado 2024 sep. 22]. Disponible en: <https://iecs.shinyapps.io/covid-argentina/>