

## DESIGUALDADES EN LA MORTALIDAD POR COVID-19 EN FRONTERA INTERNACIONAL DEL NORTE ARGENTINO. ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL

ELENA B. SARROUF<sup>1,2</sup>, OSWALDO GONÇALVES CRUZ<sup>3</sup>, MATÍAS MIROFSKY<sup>4</sup>,  
PASCUAL VALDEZ<sup>4</sup>, ALINE ARAÚJO NOBRE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP), Programa Vigifronteiras-Brasil, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ Brasil, <sup>2</sup>Departamento de Estadísticas de los Servicios de Salud, Ministerio de Salud Pública de Tucumán, Tucumán, Argentina, <sup>3</sup>Programa de Computação Científica, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro RJ Brasil, <sup>4</sup>Sociedad Argentina de Medicina, Buenos Aires, Argentina

**Dirección postal:** Elena B. Sarrouf, Departamento de Estadística de Salud de los Servicios, Dirección de Epidemiología, Ministerio de Salud Pública de la Provincia de Tucumán, Virgen de La Merced 196, 4000 San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

**E-mail:** elena\_sarrouf@hotmail.com

**Recibido:** 16-X-2025

**Aceptado:** 19-III-2026

### Resumen

**Introducción:** La pandemia de COVID-19 puso en evidencia desigualdades en la mortalidad entre territorios. El norte argentino, caracterizado por alta vulnerabilidad social y fronteras internacionales activas, pese al cierre, pudo haber favorecido la difusión del virus. El objetivo fue identificar conglomerados de alta mortalidad (CAM) por COVID-19 en adultos mayores ( $\geq 60$  años) entre 2020–2022, en relación con condiciones socioeconómicas y la franja de frontera (FF).

**Materiales y métodos:** Estudio ecológico poblacional de defunciones por COVID-19 en provincias con FF, aplicando escaneo espacial y espacio-temporal para detectar CAM. Evaluamos su relación con indicadores socioeconómicos y pertenencia a la FF.

**Resultados:** Entre 2020 y 2022 se registraron 12 968 muertes en adultos mayores. En 2020, los CAM se localizaron en Salta y Jujuy (RR=3.6). En 2021, se desplazaron hacia Chaco y Formosa. En 2022, se concentraron en Corrientes y Misiones (RR=1.6-1.8). La densidad poblacional se asoció a los conglomerados de 2020. En el período 2020-2022, el 41% de los CAM estuvo en la FF.

**Conclusión:** En 2020 los departamentos conectados a Bolivia por corredores viales presentaron mayor mortalidad y la expansión en 2021, coincidió con el aumento

de fallecimientos en Paraguay. Diversos estudios señalaron la persistencia de pasos ilegales o informales, lo que podría haber mantenido activa la circulación transfronteriza. Estos hallazgos refuerzan la importancia de la cooperación regional y de fortalecer la vigilancia epidemiológica en zonas de frontera.

**Palabras clave:** análisis espacio-temporal, COVID-19, mortalidad, vulnerabilidad social, vigilancia epidemiológica

### Abstract

*Inequalities in COVID-19 mortality in Argentina's northern international border. Space-time analysis*

**Introduction:** The COVID-19 pandemic exposed inequalities in mortality across territories. Northern Argentina, characterized by high social vulnerability and active international borders, despite formal closures, may have favored the spread of the virus. Objective: To identify high-mortality clusters (HMC) due to COVID-19 among older adults ( $\geq 60$  years) between 2020–2022, in relation to socioeconomic conditions and the border strip (FF).

**Materials and methods:** A population-based ecological study of COVID-19 deaths was conducted in provinces with international border strips. Spatial and space-time scan analyses were applied to detect high-mortality clusters (HMC). The relationship between these clusters, socioeconomic indicators, and location within the border strip was evaluated.

**Results:** Between 2020 and 2022, 12 968 deaths were recorded among older adults. In 2020, HMC were located in Salta and Jujuy (RR=3.6). In 2021, clusters shifted to Chaco and Formosa, in areas bordering Paraguay. In 2022, they concentrated in Corrientes and Misiones (RR=1.6–1.8). Population density was associated with clusters in 2020. Over the entire period, 41% of HMC were located within the FF.

**Conclusion:** In 2020, the departments connected to Bolivia through road corridors showed higher mortality, and the expansion observed in 2021 coincided with the increase in deaths in Paraguay. Several studies have reported the persistence of informal or illegal border crossings, which may have sustained active cross-border circulation. These findings highlight the importance of regional cooperation and the need to strengthen epidemiological surveillance in border areas.

**Key words:** spatio-temporal analysis, COVID-19, mortality, social vulnerability epidemiological surveillance

los departamentos limítrofes con Bolivia y Paraguay, concentraron conglomerados persistentes de alta mortalidad, destacando la necesidad de fortalecer la vigilancia epidemiológica en territorios transfronterizos.

La pandemia por COVID-19 reveló profundas desigualdades en los perfiles de mortalidad entre territorios y poblaciones, tanto a escala global como dentro de los países<sup>1</sup>. En Argentina, estas desigualdades se manifestaron a nivel territorial, ampliando brechas históricas entre regiones y mostrando mayores tasas de mortalidad en el norte del país respecto del centro<sup>2,3</sup>. Un ejemplo destacado fue la provincia de Jujuy, que entre 2020 y 2022 alcanzó el exceso de mortalidad más elevado del país: 149.6 fallecidos por 100 000 habitantes con un intervalo de confianza (IC) de 95%: 148.9 a 150.3<sup>4</sup>.

Las provincias del norte argentino presentan condiciones estructurales críticas que las diferencian del resto del país, con altos niveles de pobreza y vulnerabilidad sanitaria<sup>5,6</sup>. Gran parte de su territorio limita con países vecinos, con fronteras extensas y activas que regulan el movimiento de personas y bienes, para trabajo y turismo<sup>7</sup>. Durante el primer año de la pandemia, estas fronteras estuvieron cerradas o restringidas, afectando la movilidad y la organización de los sistemas de salud. En los contextos urbanos más vulnerables, factores como el hacinamiento, la informalidad laboral y el acceso limitado a servicios dificultaron el cumplimiento del aislamiento obligatorio y aumentaron el riesgo de transmisión comunitaria<sup>5</sup>.

En Argentina, los mayores de 60 años fueron los más afectados, este grupo concentró entre el 80% y el 90% de las muertes por COVID-19 a pesar de representar solo el 12% de la población total<sup>8</sup>.

El análisis espacio-temporal (ET) se ha consolidado como una herramienta clave en salud pública para identificar zonas de alta mortalidad<sup>9,10</sup>. Esta metodología permite detectar conglomerados (*clusters*) de riesgo considerando simultáneamente la dimensión geográfica y su evolución temporal, lo cual resulta particularmente relevante en contextos con marcadas desigualdades territoriales<sup>11</sup>.

En los estudios de salud pública, incorporar el territorio como dimensión analítica es funda-

## PUNTOS CLAVE

### Conocimiento actual

- Los estudios sobre mortalidad por COVID-19 en América Latina muestran marcadas desigualdades territoriales asociadas a pobreza, densidad poblacional y acceso a servicios de salud. En Argentina, estudios previos describen los patrones de concentración en grandes centros urbanos, sin profundizar en el rol de las fronteras internacionales ni en la dinámica interprovincial del norte del país.

### Contribución del artículo al conocimiento actual

- El estudio muestra que, aun con los pasos fronterizos formalmente cerrados, las comunidades del norte argentino mantuvieron vínculos y movilidad cotidiana que favorecieron la propagación de la enfermedad. El análisis espacio-temporal revela que

mental para comprender las desigualdades en los procesos de salud-enfermedad. Sin embargo, en Argentina persiste una limitada producción científica que articule análisis espacio-temporales con enfoques estructurales de desigualdad e incluya variables territoriales como la localización fronteriza. Se denomina la zona de frontera o franja de frontera (FF), al área de alrededor de 150 km del límite internacional, y se caracteriza por una intensa dinámica transfronteriza, con alta movilidad poblacional, circulación de bienes y servicios, e interacción social y económica con países limítrofes<sup>12</sup>.

En este marco, el objetivo del estudio fue identificar conglomerados espaciales y espacio-temporales de alta mortalidad por COVID-19 en los departamentos de las provincias del norte argentino entre 2020 y 2022, comparando las características estructurales, socioeconómicas y localización fronteriza.

## Materiales y métodos

### Diseño del estudio

Se realizó un estudio ecológico de la mortalidad específica por COVID-19 en personas con 60 años o más, fallecidas entre el 1 de enero de 2020 y el 31 de diciembre de 2022. La unidad de análisis espacial fueron los departamentos

del norte argentino y la unidad temporal fue el año de defunción dado que las olas pandémicas ocurrieron en momentos distintos entre provincias.

### Área de estudio

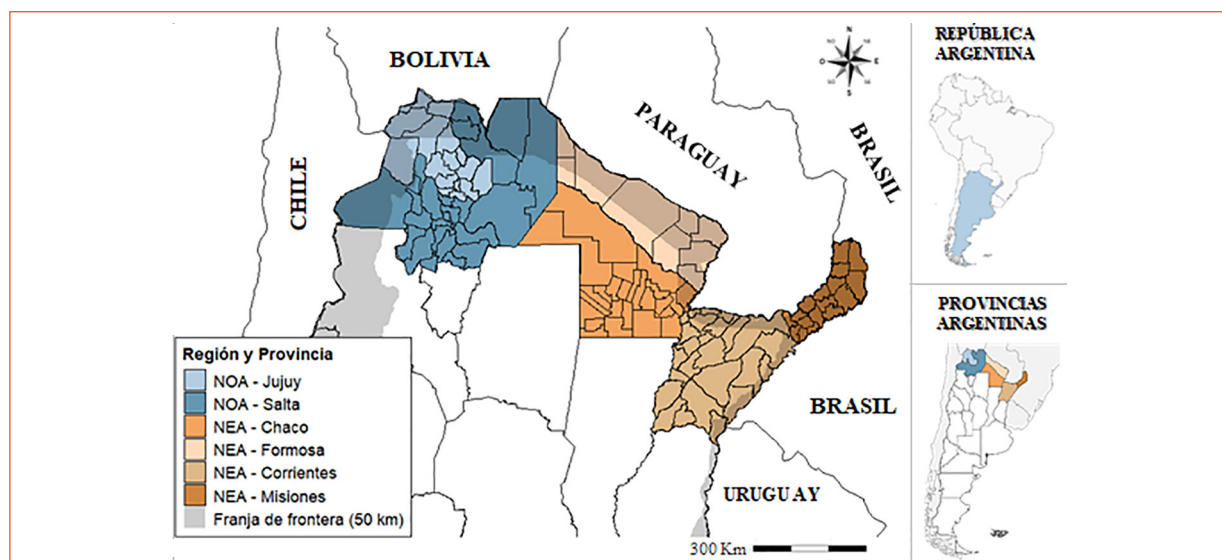
Estuvo comprendida por 115 departamentos de las provincias del norte argentino que poseen fronteras internacionales, terrestres o fluviales. Se excluyó a Catamarca por su escaso intercambio transfronterizo, limitado por la Cordillera de los Andes.

Las provincias se agruparon por región. En el Noroeste Argentino (NOA), Jujuy cuenta con 16 departamentos, de los cuales 5 se ubican dentro de la FF, mientras que Salta posee 23 departamentos, 7 de ellos con FF. En el Noreste Argentino (NEA), la totalidad de los departamentos de Formosa (9) y Misiones (17) se encuentran dentro de la franja. Corrientes presenta 25 departamentos, con 13 en FF, y Chaco, también con 25 departamentos, registra solo 3 dentro de esta franja (Fig. 1).

### Fuentes de datos y variables

Se utilizó la base de datos de defunciones del Sistema Nacional de Estadísticas, elaborada a partir de la información proporcionada por el profesional de salud que certifica cada fallecimiento, independientemente del lugar del fallecimiento (instituciones de salud, domicilios o vía pública). Con el fin de asegurar la consistencia en la codificación de la causa básica de muerte, este proce-

**Figura 1** | Zona de estudio: Departamentos del norte argentino incluidos en la franja de frontera, por región y provincia



dimiento se llevó a cabo en las oficinas de estadística de cada jurisdicción, siguiendo los criterios establecidos por la Clasificación Internacional de Enfermedades, décima revisión (CIE-10). Los datos nacionales fueron posteriormente consolidados y difundidos por el Ministerio de Salud de la Nación. Las variables usadas fueron: año de defunción, provincia y departamento de residencia, edad al momento de la defunción y los fallecidos por COVID-19, definidos como aquellos cuya causa básica de defunción correspondió al código U07 de la CIE-10.

Las proyecciones poblacionales por departamento elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), basadas en el Censo 2010<sup>13</sup> y los datos definitivos del Censo 2022<sup>14</sup>, fueron utilizadas para estimar la población de personas de 60 años o más, según año y departamento. Ante la ausencia de estimaciones oficiales desagregadas por edad y departamento para los años 2020 y 2021, se aplicó una metodología indirecta: se calculó la proporción de adultos mayores en cada departamento según el Censo 2022 y se aplicó dicho porcentaje a las proyecciones poblacionales departamentales correspondientes a esos años.

La plataforma interactiva Mapa de Indicadores del INDEC<sup>14</sup> fue utilizada como fuente de los indicadores sociodemográficos y de los archivos cartográficos necesarios para el análisis espacial. A nivel departamental se consideraron: 1) porcentaje de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha (NBI), que integra dimensiones como hacinamiento, vivienda precaria, acceso insuficiente a servicios sanitarios, inasistencia escolar y alta dependencia económica; 2) porcentaje de hogares con hacinamiento crítico (tres o más personas durmiendo en una misma habitación); y 3) densidad poblacional (habitantes por km<sup>2</sup>).

El Instituto Geográfico Nacional<sup>15</sup> fue la fuente de los archivos cartográficos de libre acceso utilizados para la representación espacial de los departamentos, el polígono de la Zona de Frontera y la integración de variables territoriales. La franja de frontera (FF) se define como el espacio comprendido dentro de los 150 kilómetros desde los límites internacionales del país<sup>12</sup>. Los departamentos fueron clasificados según su pertenencia a la FF, definida como una variable dicotómica (sí/no), resultando en un total de 54 departamentos dentro de dicha franja.

### Análisis de datos

Inicialmente se realizó un análisis de las tasas de mortalidad por COVID-19 cada 100 000 habitantes de cada departamento y año, considerando como el cociente entre el número de defunciones por COVID-19 en personas de

60 años o más y la población de ese mismo grupo etario, en cada departamento y año, multiplicado por 100 000.

Para identificar concentraciones de muertes por COVID-19, se aplicó la técnica de escaneo espacio-temporal basada en permutaciones aleatorias<sup>11</sup>. Esta metodología permite evaluar de forma conjunta la distribución geográfica y temporal de los eventos, detectando si en determinadas áreas y períodos el número de muertes observadas supera significativamente el número esperado. La comparación se realiza bajo la hipótesis nula de que los eventos están distribuidos de manera aleatoria en el espacio y en el tiempo, sin patrones específicos de agrupamiento. Se asumió una distribución de Poisson para modelar la ocurrencia de casos, con 999 simulaciones de Monte Carlo, y se consideraron solamente los conglomerados con un nivel de significancia de 5%. Para detectar conglomerados de extensión geográfica reducida, se estableció un límite espacial máximo del 10% de la población en riesgo y un límite temporal del 50% del período de estudio. El conglomerado uno corresponde al agrupamiento con la mayor razón de verosimilitud, seguido por los restantes en orden decreciente. Para cada conglomerado de alta mortalidad detectado, se estimó un riesgo relativo (RR) global, definido como la razón entre la tasa observada dentro del clúster y la tasa observada fuera de él. Adicionalmente, se calculó el RR específico por departamento, como la razón entre los casos observados y los esperados en cada unidad geográfica, en función de su población.

Se realizó un análisis en dos etapas, en la primera, considerando cada año de forma independiente (2020, 2021 y 2022), este enfoque permitió identificar la distribución geográfica de zonas de alto riesgo en cada año de la pandemia (análisis espacial). En una segunda etapa, se consideró un análisis espacio-temporal para el período 2020–2022, con el objetivo de detectar patrones persistentes en el tiempo y posibles desplazamientos geográficos de los conglomerados. En este segundo análisis se incorporó un ajuste no paramétrico para controlar variaciones temporales. Los valores de RR se analizaron en relación con indicadores socioeconómicos y la pertenencia a la franja de frontera internacional. En el análisis espacial, se compararon los indicadores de los departamentos incluidos en los conglomerados de alta mortalidad con los otros departamentos de la provincia, con el fin de reducir posibles sesgos territoriales. En el análisis espacio-temporal, se consideraron en conjunto todas las provincias del estudio. Las diferencias entre grupos se evaluaron mediante la prueba de Wilcoxon para variables continuas y con test de chi-cuadrado o exacto de Fisher para pro-

porciones, considerando un nivel de significancia del 5%. El escaneo espacial y espacio-temporal fue realizado con el programa SaTScan<sup>®11</sup> y los análisis complementarios se efectuaron en el software R versión 4.4.3<sup>16</sup>, usando los paquetes *sf*, *dplyr*, *tidyverse*, *ggplot2*, *rsatscan*.

El estudio fue aprobado mediante Dictamen número 39 del año 2023 del Comité de Ética en investigación del Ministerio de Salud de Tucumán, Argentina

## Resultados

Entre 2020 y 2022 se registraron 12 968 fallecimientos por COVID-19 en personas adultas mayores en los 115 departamentos analizados. La Figura 2 presenta las tasas de mortalidad por año. En 2020, el 80% (92) de los departamentos reportaron fallecidos por COVID-19, con una tasa media de 141.4 por 100 000 habitantes y valores más elevados en el NOA. En 2021 todos los departamentos reportaron fallecidos, con una tasa media de 808.3 por 100 000 habitantes. En 2022, el 93% (107) de los departamentos informaron fallecidos, con una tasa media de 312.9 por 100 000 habitantes.

La Figura 3 presenta los conglomerados espaciales y los RR por departamento. En 2020 se identificaron tres áreas de alta mortalidad: el principal abarcó 9 departamentos en el norte Salta y el sudeste de Jujuy con un riesgo de morir por COVID-19 de 3.6 veces mayor comparado con los otros departamentos. El conglomerado secundario fue contiguo geográficamente con el principal, con un RR de 2.4 ( $p < 0.05$ ) y el tercer CAM fue en el departamento de San Fernando (RR= 2.7;  $p < 0.05$ ). En 2021, se detectaron 5 CAM dispersos en 3 provincias del NEA. El primero y tercero en Chaco con RR de 1.7 y 1.3 ( $p < 0.05$ ), respectivamente. La segunda zona de alta mortalidad correspondió al departamento Capital de Misiones, con un RR 1.4 ( $p < 0.05$ ). En 2022, la provincia de Corrientes tuvo el conglomerado principal y abarcó el departamento capital y 5 aledaños (RR 1.8 ( $p < 0.05$ )). El segundo conglomerado comprendió 6 departamentos de las provincias de Corrientes y Misiones, la mayoría con algún límite internacional con Paraguay o Brasil, y un RR de 1.6 ( $p < 0.05$ ). El tercer conglomerado, adyacente geográficamente al primero, se ubicó en la provincia de Chaco e incluyó el departamento de San Fernando y alrededores (RR=1.3;  $p < 0.05$ ).

La distribución espacio-temporal del período 2020-2022 se observa en la Figura 4, evidenciando una difusión geográfica progresiva desde las provincias del NOA en 2020 hacia las del NEA en 2021 y 2022. En los años de pandemia, el mayor riesgo se concentró en 2020 en el NOA, con los dos CAM más elevados: RR=3.6 ( $p < 0.05$ ) para el primero y RR=2.4 ( $p < 0.05$ ) para el segundo.

En la Tabla 1 se presenta la comparación anual y acumulada (2020–2022) de los conglomerados espaciales y espacio-temporales respectivamente, según indicadores socioeconómicos. En 2020, en las provincias de Salta y Jujuy, los departamentos que conformaron conglomerados presentaron una densidad poblacional significativamente mayor en comparación con aquellos que no lo hicieron. Además, el porcentaje de hogares con al menos una NBI fue mayor en los departamentos que no formaron parte de conglomerados. En la provincia de Chaco, el único conglomerado identificado correspondió al departamento capital, cuya densidad (125 habitantes/km<sup>2</sup>) fue notablemente superior a la mediana del resto de los departamentos chaqueños (10.4 habitantes/km<sup>2</sup>).

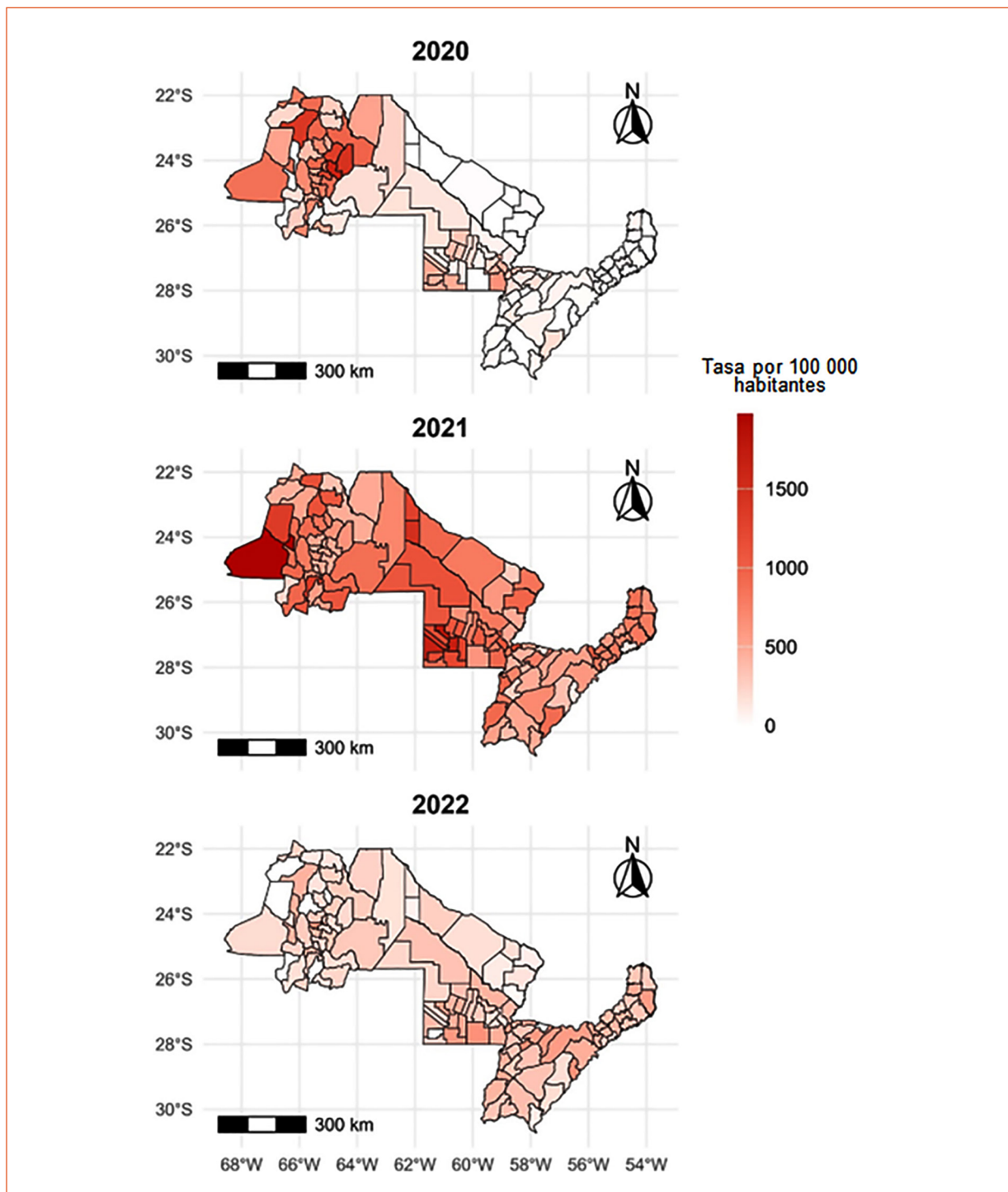
En 2021, el departamento capital de Misiones conformó el único conglomerado detectado, con una densidad de 383 habitantes/km<sup>2</sup>, muy superior a la del resto de los departamentos de la provincia (35.4 habitantes/km<sup>2</sup>). Respecto a los indicadores de NBI y hacinamiento crítico, no se observaron diferencias significativas entre departamentos dentro y fuera de los CAM.

Al analizar los departamentos con alta mortalidad, en 2020 tres (20%) se ubicaron en la franja de frontera con Bolivia. En 2021 fueron seis (30%), esta vez en el límite con Paraguay. En 2022, la concentración fue mayor en Corrientes, donde el 60% (12) de los departamentos presentaron alta mortalidad. Considerando el período 2020–2022 en conjunto (análisis ET), el 41% (n=18) de los departamentos con elevada mortalidad correspondieron a zonas de frontera.

## Discusión

Los resultados de esta investigación muestran que, durante 2020, la mortalidad por COVID-19 se concentró principalmente en departamentos del NOA. En 2021, el impacto se extendió a todo el territorio analizado, con una mayor carga en

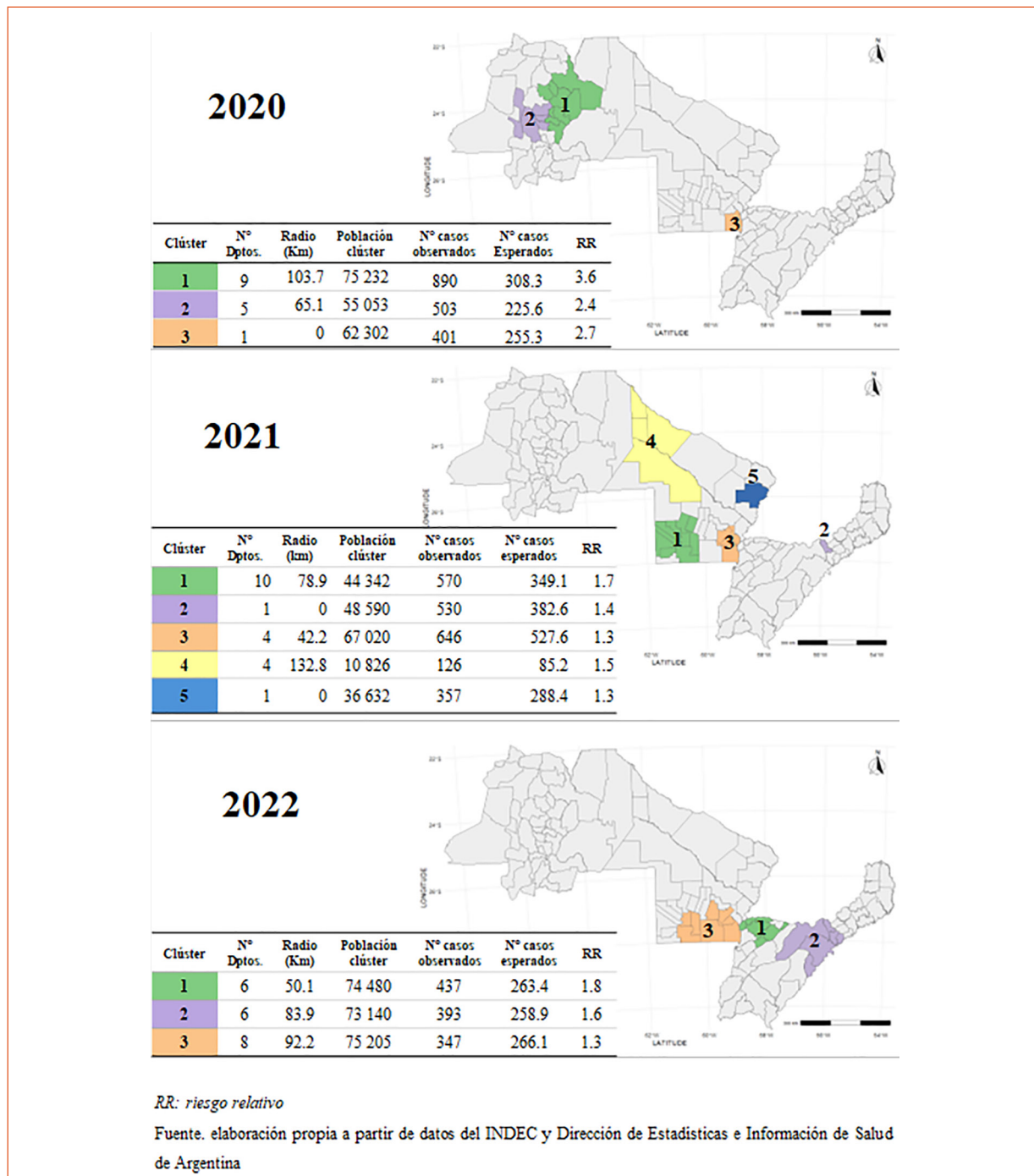
**Figura 2** | Tasa de mortalidad de COVID-19 (por 100 000 habitantes) según departamento y año



el NEA. Para 2022, las tasas descendieron y se distribuyeron de manera más homogénea en el norte argentino. Esta evolución coincide con lo reportado en estudios nacionales<sup>2,8</sup> y se alinea con la de-

claración de la Organización Mundial de la Salud<sup>1</sup>, que dio por finalizada la emergencia sanitaria internacional y recomendó integrar la COVID-19 al manejo habitual de enfermedades infecciosas.

**Figura 3** | Distribución espacial y descripción de conglomerados de alta mortalidad por COVID-19, según departamento y año (2020-2022)

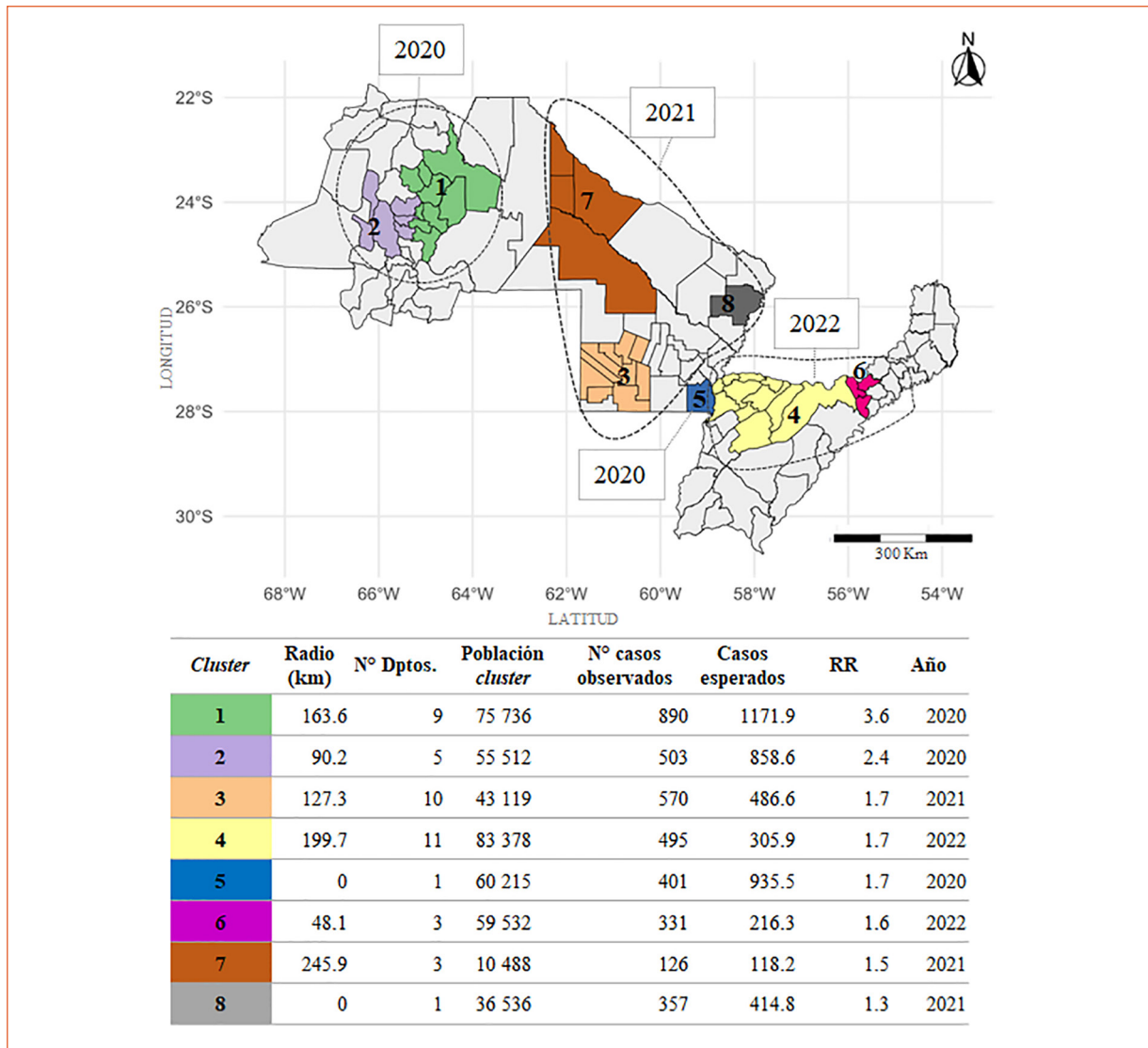


El análisis espacial mostró una correspondencia general con los patrones espacio-temporales, fortaleciendo la validez interna del estudio. Al mismo tiempo, la evaluación independiente por año permitió identificar focos territoriales

persistentes que no habrían sido visibles en un análisis agregado.

En cuanto a las condiciones estructurales, nuestro estudio identificó una relación significativa entre densidad poblacional y la presencia

**Figura 4** | Distribución espacio-temporal y descripción de conglomerados de alta mortalidad por COVID-19, según departamento entre 2020 al 2022



de clústeres de mayor riesgo de morir en Salta y Jujuy durante el primer año de la pandemia. Este patrón también fue señalado por otros autores<sup>9,10</sup>, quienes observaron que la pandemia afectó primero a los departamentos con ciudades capitales y luego se expandió hacia regiones menos densamente pobladas.

A diferencia de otros estudios<sup>17,18</sup>, no encontramos una asociación estadísticamente significativa entre la mortalidad y los indicadores socioeconómicos. Esta ausencia podría deberse a la limitada desagregación territorial de los datos disponibles en Argentina, que dificulta el aná-

lisis a una menor escala que la departamental. No obstante, un informe<sup>19</sup> centrado en la ciudad Capital de Chaco y su área metropolitana (departamento San Fernando) destacó la presencia de condiciones estructurales de vulnerabilidad social (altos niveles de NBI, déficit habitacional y presencia de asentamientos informales) que aumentaron la exposición al contagio y redujeron la efectividad de las medidas preventivas.

Estas características territoriales permiten interpretar la persistencia del riesgo sanitario observada en el departamento de San Fernando, que integró CAM durante los tres años ana-

**Tabla 1** | Comparación anual y acumulada (2020-2022) de conglomerados espaciales y espacio-temporales de mortalidad por COVID-19 en personas de 60 años o más, según indicadores socioeconómicos

Año	Provincia	Variable	Mediana dentro del conglomerado (P25-75)	Mediana fuera del conglomerado (P25-75)	p-valor	
2020	Salta y Jujuy		<b>n=14 (1 y 2*)</b>	<b>n=25</b>		
		Hogares con NBI (%)	12.3 (11.3-14.5)	15.4 (13.4-17.5)	0.02	
		Hacinamiento	4.4 (3.6-4.9)	4.5 (4.0 -4.9)	0.63	
	Chaco	Densidad (km <sup>2</sup> )	12.0 (7.7-37.6)	2.7 (1.4 -8.3)	0.01	
			<b>n=1 (3*)</b>	<b>n=24</b>		
Hogares con NBI (%)		7.0	12.3 (9.1-18.2)			
		Hacinamiento	2.8	3.6 (3.2-4.3)		
		Densidad (km <sup>2</sup> )	125.5	10.4 (7.2-14.0)		
2021	Chaco y Formosa		<b>n=19 (1. 3 a 5*)</b>	<b>n=15</b>		
		Hogares con NBI (%)	12.7 (9.2-19.7)	11.6 (9.3-13.9)	0.63	
		Hacinamiento	3.5 (3.2-4.1)	4.3 (3.9-4.9)	0.09	
	Misiones	Densidad (km <sup>2</sup> )	11.3 (6.2-15.5)	8.1 (5.6-10.8)	0.16	
			<b>n=1 (2*)</b>	<b>n=16</b>		
Hogares con NBI (%)		7.5	9.0 (8.2-10-5)			
		Hacinamiento	2.3	2.4 (2.2-3.0)		
		Densidad (km <sup>2</sup> )	382.0	35.4 (21.5-40.8)		
2022	Corrientes y Misiones		<b>n=12 (1 y 2*)</b>	<b>n=30</b>		
		Hogares con NBI (%)	11.1 (9.0-12.1)	10.1 (8.9-12.5)	0.9	
		Hacinamiento	3.2 (2.9-3.9)	3.6 (2.4-4.53)	0.88	
	Chaco	Densidad (km <sup>2</sup> )	12.4 (7.9-37.1)	17.8 (8.6-35.6)	0.9	
			<b>n=8 (3*)</b>	<b>n=17</b>		
Hogares con NBI (%)		10.7 (8.6-12.8)	12.7 (9.1-18.8)	0.32		
		Hacinamiento	3.4 (3.2-4.3)	3.6 (3.1-4.2)	0.98	
		Densidad (km <sup>2</sup> )	11.6 (7.1-14.3)	11.0 (8.3-13.7)	0.84	
2020 a 2022	Todas las provincias		<b>n=44 (1-8*)</b>	<b>n=71</b>		
		Hogares con NBI (%)	12.2 (9.8-16.6)	12.1 (9.2-15.3)	0.59	
		Hacinamiento	3.9 (3.2 -4.9)	4.0 (3.1-4.6)	0.84	
		Densidad (km <sup>2</sup> )	11.3 (5.2-34.4)	9.1 (3.7-18.1)	0.08	

n: número de departamentos; NBI%: porcentaje de hogares con alguna necesidad básica insatisfecha

\*Número de orden del clúster

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INDEC y Dirección de Estadísticas e información de salud de Argentina

lizados. En los años 2021 y 2022 se sumaron los departamentos de General Donovan y Libertad, lo que sugiere un proceso de expansión y consolidación del riesgo en zonas contiguas con condiciones socioeconómicas similares. Este patrón refuerza la hipótesis de una persistencia espacial de la vulnerabilidad estructural, manifestada en la continuidad territorial del riesgo sanitario.

Tanto el análisis espacio-temporal como el análisis espacial por año coincidieron en que el mayor riesgo de mortalidad por COVID-19 durante 2020 se registró en las provincias de Jujuy y Salta, con departamentos que llegaron a triplicar el riesgo de morir en comparación con otras áreas. Otros estudios nacionales previos también identificaron altas tasas de mortalidad en estas provincias<sup>2,8</sup>. Nuestro estudio, en cambio,

evidenció que los departamentos más afectados se localizaban en la franja fronteriza con Bolivia y estaban conectados por los corredores viales de las Rutas Nacionales 34 y 50 (Fig. 5, Material Suplementario). Estas rutas no solo articulan el transporte formal de bienes, sino que también forman parte de un circuito transfronterizo caracterizado por la movilidad cotidiana de personas, pasos no habilitados y dinámicas sociales históricas<sup>3,7</sup>. Este patrón se corresponde con lo observado en Bolivia, especialmente en el departamento de Tarija, limítrofe con Argentina, donde el Ministerio de Salud de Bolivia lo comunicó como uno de los departamentos con alto riesgo de contagio en la primera semana de julio de 2020<sup>20</sup>, situación que se agravó a lo largo del mes. Este hecho refuerza la hipótesis de que los territorios del norte argentino, fuertemente integrados con Bolivia, desempeñaron un papel clave en la difusión temprana del virus.

En contraste, Formosa y Corrientes no registraron conglomerados de mortalidad en 2020. Esto podría explicarse, en parte, por la baja mortalidad reportada en Paraguay ese año (32.8 fallecidos por 100 000 habitantes frente a casi 100 en Argentina<sup>21</sup> y por las estrictas medidas de control fronterizo implementadas. Sin embargo, en 2021 y 2022 el escenario cambió, Paraguay experimentó un aumento exponencial de casos y muertes, lo cual se reflejó también en los departamentos argentinos limítrofes, con clústeres de alta mortalidad en la franja fronteriza noreste, incluyendo los límites de Formosa, Corrientes y la capital chaqueña.

En relación con la frontera con el sur de Brasil, las provincias de Misiones y Corrientes tampoco registraron conglomerados de mortalidad en 2020. Si bien Brasil presentó una elevada transmisión viral durante el primer año de la pandemia, diversos estudios<sup>22,23</sup> muestran que el impacto inicial se concentró principalmente en grandes centros urbanos y en regiones con mayor densidad poblacional. Los municipios brasileños limítrofes con Argentina presentaron niveles relativamente bajos de mortalidad durante 2020.

La transmisión intensa en los estados del sur de Brasil se incrementó principalmente durante el segundo semestre y valores elevados hacia fines de 2020<sup>22</sup>.

Si bien en 2021 se mantuvo formalmente el cierre de fronteras internacionales, diferentes estudios refieren la persistencia de pasos informales<sup>5,7</sup>. Nuestro estudio coincide con estas observaciones, ya que se evidenció una zona de alta mortalidad en los departamentos que recorren las Rutas Nacionales 11 y 16 (Fig. 5, Material Suplementario). Estas rutas articulan el noreste argentino con pasos internacionales, como el de San Ignacio de Loyola en Clorinda (Formosa), y con el puente General Manuel Belgrano, que une las capitales de Chaco (en el departamento de San Fernando) y Corrientes, conectando directamente con Paraguay, facilitando el tránsito de bienes, trabajadores temporales y población migrante. En este contexto, adquieren un rol estratégico en la difusión regional del virus, especialmente en los departamentos San Fernando, Libertad y General Donovan (Chaco), y Pilcomayo (Formosa), que registraron conglomerados de alta mortalidad durante la pandemia<sup>7,19</sup>.

A nivel nacional, un estudio reciente<sup>21</sup> identificó CAM por COVID-19 en personas mayores de 60 años, localizados principalmente en el Gran Buenos Aires durante 2020 y 2021, y en menor medida en provincias del norte como Salta, Jujuy, Formosa y Chaco en 2022. Si bien sus resultados coinciden parcialmente con los hallazgos del presente estudio, estas coincidencias pueden atribuirse al hecho de que nuestro análisis, al centrarse específicamente en las provincias del norte con frontera internacional, permitió profundizar la problemática en zonas limítrofes, revelando patrones persistentes de alta mortalidad asociados a la conectividad vial y a la localización geopolítica. Estos factores no fueron considerados en el abordaje nacional.

El estudio presenta algunas limitaciones que fueron abordadas mediante estrategias metodológicas específicas. Una de ellas fue la falta de datos socioeconómicos desagregados a nivel departamental, dado que la única fuente pública con cobertura en todos los departamentos es el censo de hogares. Para superar esta restricción, se utilizó el indicador de NBI del último Censo, que ofrece una medida comparable y de amplia cobertura territorial. Otra dificultad fue la falta de estimaciones retrospectivas por grupo de edad y departamento para los años 2020 y 2021. Para resolverlo, se aplicó una estimación

indirecta basada en el Censo 2022, utilizando la proporción de adultos mayores en cada departamento. Esta estrategia permitió preservar la variabilidad territorial, aunque con márgenes de error propios de toda proyección indirecta.

En cuanto a los datos de mortalidad, se reconoce la posibilidad de subregistro de defunciones por COVID-19, atribuible a notificaciones incompletas o a la falta de confirmación diagnóstica. Este sesgo fue mitigado mediante el uso de la base nacional consolidada del Ministerio de Salud de la Nación, que aplica criterios estandarizados de codificación (CIE-10) e incluye fallecimientos notificados hasta 2023 ocurridos en años previos.

Por último, en zonas de frontera, el uso del sistema de salud argentino por personas con doble nacionalidad o residentes en países vecinos pudo haber incrementado el número de defunciones registradas sin corresponderse con la población residente habitual. Esta dinámica fronteriza representa una fuente adicional de sesgo en el cálculo de las tasas departamentales.

Entre las principales fortalezas del estudio se destaca el alto nivel de desagregación geográfica alcanzado, revelando focos locales de alta mortalidad que serían invisibles en análisis agregados a nivel provincial o nacional. La incorporación de FF permitió evaluar cómo la proximidad a países vecinos y la movilidad transfronteriza influyeron en la distribución del riesgo sanitario durante la pandemia. El enfoque ET permitió identificar y agrupar departamentos con alta mortalidad en distintos momentos del período 2020-2022, aportando evidencia sobre los patrones dinámicos de difusión geográfica del virus.

Asimismo, debe considerarse que la campaña de vacunación contra COVID-19 en Argentina comenzó a fines de 2020 y se expandió progresivamente durante 2021. Durante el período en

que se registraron los picos de mortalidad en las provincias del norte argentino, la cobertura con esquema completo aún era limitada en gran parte de la población. En consecuencia, la vacunación probablemente tuvo un impacto aún incipiente sobre la reducción de la mortalidad en ese período.

En conclusión, los hallazgos de este estudio refuerzan la necesidad de considerar a la FF como un espacio clave en el análisis y abordaje de las emergencias sanitarias. A pesar del cierre formal de los pasos internacionales durante la pandemia, la movilidad de las personas no se interrumpió completamente, manteniéndose activa por medio de circuitos informales. Las provincias del norte argentino, en especial aquellas que limitan con Bolivia y Paraguay, presentan condiciones estructurales de vulnerabilidad que agravan el impacto de cualquier crisis sanitaria: elevados niveles de pobreza, deficiencias en el acceso a servicios de salud, hacinamiento crítico y una alta dependencia de la movilidad regional. La influencia de los países vecinos, como se observó con el aumento de la mortalidad en Paraguay durante 2021, evidenció que las dinámicas sanitarias no se circunscriben a los límites nacionales y requieren una mirada territorial ampliada.

Por todo ello, se destaca la importancia de fortalecer la vigilancia epidemiológica en zonas fronterizas, no solo como respuesta inmediata ante brotes, sino como una estrategia permanente de anticipación y preparación. Resulta prioritario implementar políticas internacionales en cada región, que reconozcan las particularidades de estas áreas, articulando esfuerzos entre países para monitorear riesgos, compartir información y desplegar intervenciones coordinadas.

---

**Conflicto de intereses:** Ninguno para declarar

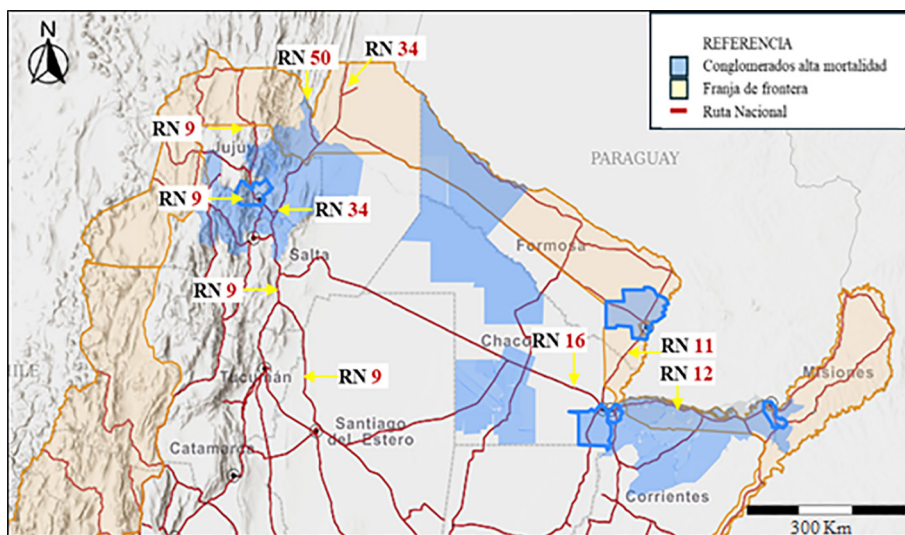
## Bibliografía

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Discurso inaugural del Director General de la OMS en la rueda de prensa del 5 de mayo de 2023. Ginebra: OMS; 2023. Disponible en: <https://www.who.int/es/newsroom/speeches/item/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing---5-may-2023>; consultado octubre 2023.
2. Ministerio de Salud. Dirección de Estadísticas e información en Salud. Reporte interactivo de estadísticas de salud. En: <https://www.argentina.gob.ar/salud/deis/reportes-interactivos>; consultado febrero 2025.
3. Fondo de las Naciones Unidas para Actividades de Población. Informe de situación sobre el impacto del

- covid-19 en zonas de frontera. En: <https://argentina.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/impactos-del-covid19-en-medios-de-vida.pdf>; consultado febrero 2025.
4. Mariani J, Macchia A. Exceso de muertes en Argentina durante la pandemia por COVID-19: análisis de la mortalidad entre 2020 y 2022. *Medicina (B Aires)* 2024; 84: 708-16.
  5. Bernasconi M, Romero MA, Golovanevsky L. Mapeo de políticas públicas locales en Jujuy en contexto de pandemia. *Trab Soc* 2021; 22: 203-30.
  6. Banco Mundial. Las trampas de la pobreza en Argentina, 2024. En: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099101524173036301/pdf/P1754541f-ba2a20931bbbd1aeb99a67d900.pdf>; consultado diciembre 2024.
  7. Renoldi B, Frederic S, Millán MR, et al. Diagnóstico sobre la percepción de la seguridad en población que habita la frontera norte argentina: informe final. En: <https://nordeste.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/34/2020/11/Diagn%C3%B3stico-de-percepci%C3%B3n-de-la-seguridad-en-la-frontera-norte-de-Argentina.pdf>; consultado diciembre 2024.
  8. Sarrouf EB, Marconi AM, Zamora RJ, Cámara L, Milione H, Valdez P. Exceso de mortalidad por todas las causas durante la pandemia en la República Argentina, años 2020 y 2021. Total del país, por sexo y grupos de edad. *Rev Arg Med* 2023; 11: 162-70.
  9. Leveau, CM. 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
  10. Benita F, Gasca-Sanchez F. The main factors influencing COVID-19 spread and deaths in Mexico: a comparison between phases I and II. *Appl Geogr* 2021; 134: 102523.
  11. Kulldorff M. A spatial scan statistic. *Commun Stat Theory Meth* 1997; 26: 1481-96.
  12. Argentina. Decreto-Ley n.º 15.385/1944. Zona de Seguridad. En: [https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto\\_ley-15385-1944-294940](https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto_ley-15385-1944-294940); consultado julio 2025.
  13. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Estimaciones y proyecciones de población 2010-2040. Total del país y para cada provincia. En: [https://sitioanterior.indec.gov.ar/nivel3\\_default.asp?id\\_tema\\_1=2&id\\_tema\\_2=24](https://sitioanterior.indec.gov.ar/nivel3_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=24); consultado abril 2022.
  14. De Grande P, Salvia A. Indicadores del censo nacional de población, hogares y viviendas 2022. En: <https://mapa.poblaciones.org/map/257701/#/@-36.368715,-63.632813,4z>; consultado diciembre 2023.
  15. Instituto Geográfico Nacional (Argentina). Capas cartográficas vectoriales: provincias y departamentos. En: <https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG>; consultado diciembre 2023.
  16. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2024. En: <https://www.r-project.org/>; consultado julio 2025.
  17. Van Ingen T, Brown KA, Buchan SA, et al. Neighbourhood-level socio-demographic characteristics and risk of COVID-19 incidence and mortality in Ontario, Canada: a population-based study. *PLoS One* 2022; 17: e0276507.
  18. Marconi AM, Castillo Salgado C, Sarrouf EB, Zamora RJ, Irurzun AM, Islam N. Socioeconomic inequities of COVID-19 mortality in vulnerable Comunas of the City of Buenos Aires. *Sci Rep* 2023; 13: 13642.
  19. Barreto MA, Abildgaard RE. Trayectorias territoriales de la COVID-19 según características sociohabitacionales. El caso Gran Resistencia (Argentina). *Bitácora Urbano Territorial* 2022; 32: 31-45
  20. Cuevas AJ. Evaluación estadística del COVID-19 en Bolivia septiembre 2020. Sistema Integrado de Información Productiva gobierno de Bolivia. En: <https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/2020-054f6-milenio.pdf>; consultado abril 2025.
  21. Mathieu E, Ritchie H, Ortiz-Ospina E, et al. COVID-19 pandemic. Our World in Data Oxford: Global Change Data Lab; 2020. En: <https://ourworldindata.org/coronavirus>; consultado mayo 2025.
  22. Oliveira WK, Duarte E, França GVA, Garcia LP. How Brazil can hold back COVID-19. *Epidemiol Serv Saude* 2020; 29: e2020044.
  23. Rodrigues DO. Difusão espacial da COVID-19 no Brasil e seus determinantes territoriais (tese de doutorado). Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz; 2025.

### Material Suplementario

Figura 5. Mapa político con Rutas Nacionales Franja de Frontera y conglomerados de alta mortalidad en adultos de 60 años o más 2020-2022



Fuente: Elaboración propia en plataforma del Instituto Geográfico Nacional y datos propios (<https://mapa.ign.gob.ar/?zoom=4&lat=-40&lng=-59&layers=argenmap>)