

# Estudio de la mortalidad natural por olas de calor en ciudades Argentinas (2005-2019)

## Study of Natural Mortality Due to Heat Waves in Argentine Cities (2005–2019)

 **Francisco Chesini**

Universidad de Buenos Aires  
Universidad Nacional de José C. Paz  
Argentina  
[fran.chesini@gmail.com](mailto:fran.chesini@gmail.com)

 **Matilde Rusticucci**

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
Universidad de Buenos Aires  
Argentina  
[matilde.rusticucci@gmail.com](mailto:matilde.rusticucci@gmail.com)

### Resumen

Las olas de calor (OC) representan una amenaza para la salud, con diversos efectos sobre la morbimortalidad. El objetivo de este trabajo fue analizar la mortalidad asociada a las OC en ciudades de Argentina. Para ello, se realizó un estudio epidemiológico ecológico con un enfoque de series temporales, aplicando modelos aditivos generalizados. Se analizó la mortalidad por causas naturales durante las OC y sus rezagos en 21 ciudades, en el período 2005-2019.

Las variables de resultado fueron: mortalidad natural bruta, por sexo (varones y mujeres), y por grupo etario (0 a 64 años y 65 años y más). En 19 ciudades se observó un aumento significativo del riesgo de mortalidad en uno o más de los subgrupos analizados durante las OC o sus rezagos. La mortalidad natural bruta se incrementó en 14 ciudades, y las mujeres mostraron un mayor riesgo en comparación con los varones. En el 80 % de las ciudades, se incrementó el riesgo de mortalidad en personas de 65 años y más durante las OC. Además, en tres ciudades de la Patagonia se observaron incrementos en el riesgo de mortalidad.

Los hallazgos de este estudio pueden contribuir al desarrollo de políticas locales de promoción y protección de la salud.

**Palabras Clave:** Olas de calor; Mortalidad; Ciudades.

### Abstract

Heatwaves (HW) pose a health threat with various effects on morbidity and mortality. The aim of this study was to analyze mortality associated with HW in cities across Argentina. To this end, an ecological epidemiological study with a time series approach was conducted, applying generalized additive models. Natural cause mortality during HW events and their lag effects was analyzed in 21 cities over the period 2005–2019.

The outcome variables were: crude natural mortality, by sex (men and women), and by age group (0–64 years and 65 years and older). A significant increase in mortality risk was observed in 19 cities for one or more of the subgroups analyzed during HW events or their lag periods. Crude natural mortality increased in 14 cities, and women showed a higher risk compared to men. In 80% of the cities, mortality risk increased among people aged 65 and over during HW events. Additionally, increased mortality risk was observed in three cities in Patagonia.

The findings of this study may contribute to the development of local health promotion and protection policies.

**Keywords:** Heatwaves; Mortality; Cities.

### Introducción

Las olas de calor (OC) son una amenaza natural para la salud que se han vuelto más frecuentes e intensas a escala global debido al calentamiento del sistema climático (IPCC, 2021). Aunque no existe una definición universal para las OC, hay consenso en que estas refieren a un período de al menos dos o tres días inusualmente cálidos (McGregor *et al*, 2015). En Argentina el Servicio Meteorológico Nacional (2025) las define como un período de al menos 3 días consecutivos en los que las temperaturas máxima y mínima diarias son iguales o superiores al percentil 90 calculado a partir de los datos diarios durante los meses de octubre a marzo del período 1961-2010.

A escala nacional se ha observado una situación similar a la global, las OC han aumentado su frecuencia entre 1960 y 2010 (Herrera, 2024; Rusticucci *et al*, 2016) y se proyecta que aumenten en el futuro (Barros *et al*, 2015). Este cambio en las OC, en tanto amenazas naturales, sumado a un aumento de la vulnerabilidad, a causa de la transición demográfica y epidemiológica, implica un aumento en el riesgo para la salud.

La relación entre la temperatura y la morbimortalidad suele tener forma de “U” de “V” o de “J”, con una temperatura de mínima incidencia que varía de unos lugares a otros (Almeira, Rusticucci & Suaya, 2016; Díaz Jiménez *et al*, 2005; Gasparri et al, 2015). Así, los efectos sanitarios de las OC se han estudiado con relación a la salud gestacional (partos pre-término, bajo peso al nacer y mortalidad fetal) (Chersich *et al*, 2020), a la salud reproductiva (Verón

et al, 2024), a salud mental (Thompson et al, 2018), a la salud y productividad laboral (Amable, Abrutzky & García, 2024; Hartinger et al, 2024), entre otros. Sin embargo, la mayor evidencia se centra en los resultados en la mortalidad.

La mortalidad por causas naturales, que comprende los códigos A00 a R99 de la 10ma revisión de la Codificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 1995), es la principal variable resultado asociada a temperaturas extremas (Anderson y Bell, 2011; Bao et al, 2016; Chesini, Abruzky y de Titto, 2019; D'Ippoliti et al, 2010; Gao et al, 2015; Guo et al, 2017; Wang et al, 2015). En Argentina, se ha estudiado la mortalidad por OC desde dos enfoques, un abordaje temporal longitudinal sobre dos ciudades, tal es el caso de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y Rosario (Almeira, Rusticucci & Suaya, 2016; Chesini, Abruzky & de Titto, 2019) y otro centrado en un verano particularmente cálido (2013-2014) para la región centro-norte del país (Chesini et al, 2022). Además de la mortalidad natural, algunas causas específicas de mortalidad han mostrado riesgo incrementado durante las OC: cardiovasculares, cerebrovasculares, respiratorias, renales y diabetes mellitus (Chesini y Rusticucci, 2025; Chesini et al, 2022; Chesini, Abruzky y de Titto, 2019).

Sin embargo, no se ha estudiado el comportamiento de la mortalidad por OC en diferentes ciudades del país que incluya a la Patagonia.

### **Las olas de calor en las ciudades**

Las OC suelen tener mayores consecuencias sanitarias en las ciudades debido al fenómeno de islas urbanas de calor, entendido como la diferencia de temperatura de la zona urbana en relación con su entorno periurbano y rural (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018). Los procesos de urbanización e industrialización generan cambios en la morfología espacial que alteran las propiedades radiativas, térmicas y aerodinámicas, así como la permeabilidad y evapotranspiración del suelo, dando como resultado ambientes urbanos más cálidos (Camilioni y Barros, 1995; Casadei, Semmartin & Garbulsky, 2021; Huang et al, 2025; Losada & Camilloni, 2022).

América Latina y el Caribe es la región en desarrollo más urbanizada del mundo, donde el 81% de la población vive en áreas urbanas de diferente tamaño (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2025). Asimismo, en la región, dos de cada tres personas que viven por debajo de la línea de pobreza residen en áreas urbanas y periurbanas (OPS, 2011). La pobreza monetaria, las necesidades básicas insatisfechas, el acceso deficiente a servicios básicos, entre los que se puede incluir el sistema de salud y la exposición a diferentes peligros ambientales, son algunos de los determinantes de la salud presentes en áreas urbanas de la región (OPS, 2022). El nivel de riesgo para la salud asociado a las OC dependerá entonces de

la vulnerabilidad, la capacidad adaptativa, las características de los asentamientos informales y la infraestructura básica (OMS, 2018).

El alto grado de urbanización de Argentina (nueve de cada diez personas viven en áreas urbanas según el Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, 2018), así como la incidencia de este fenómeno en las condiciones de vida y la isla urbana de calor llevan a que las ciudades cobren relevancia como unidades de análisis para el estudio de la mortalidad por OC. En este marco, la pregunta que guió la presente investigación fue ¿cuál es el riesgo de mortalidad durante las OC en las principales ciudades de Argentina en el período 2005-2019?

## **Metodología**

El presente es un estudio epidemiológico observacional, de tipo ecológico con un enfoque estadístico de series temporales (Bonita, Beaglehole & Kjellstróm, 2008).

### **Unidad de análisis**

Dado que los registros de mortalidad tienen como menor nivel de desagregación espacial al departamento y que, en muchos casos, las manchas urbanas sobrepasan los límites departamentales, se construyó una unidad de análisis llamada “ciudad” que es la sumatoria de las defunciones ocurridas en los departamentos cubiertos total o parcialmente por la mancha urbana (Chesini et al, 2019).

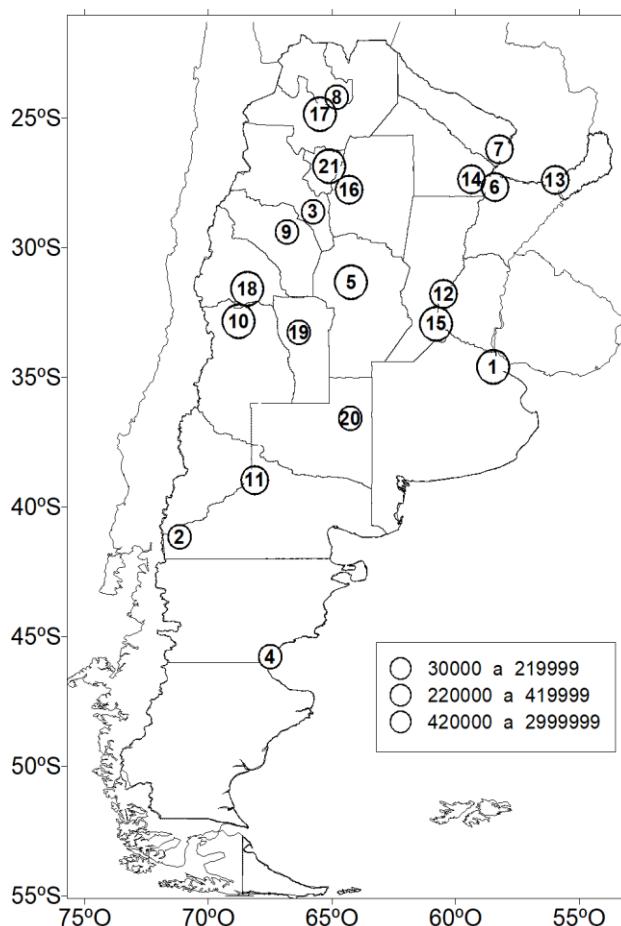
Las unidades de recolección de información son los casos individuales de defunciones ocurridos en el período 2005-2019 en cada una de las unidades de análisis.

Los criterios de selección de las unidades de análisis fueron: ser la ciudad más poblada de cada provincia y contar con una estación meteorológica dependiente del SMN en su proximidad. Por otro lado, se excluyeron ciudades que presentaron un promedio diario de defunciones muy bajo que imposibilitarían el análisis por series temporales y aquellas que no contaron con registros diarios de mortalidad para el período bajo estudio. De tal modo, quedaron excluidas del estudio las ciudades de La Plata (Provincia de Buenos Aires), Río Gallegos (Santa Cruz) y Ushuaia (Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur). Las dos primeras por no contar con información desagregada de forma diaria. Por otro lado, Ushuaia fue excluida por contar con una media diaria de 0,45 defunciones.

En el caso de la ciudad de Salta se identificó una inconsistencia en la base de mortalidad provista para el año 2019, por lo que se decidió excluir dicho año y para esta ciudad analizar el período 2005-2018.

En la figura 1 se muestra la ubicación de las 21 unidades de análisis denominadas ciudades, mientras que en la tabla 1 se presentan el listado de ciudades, provincia de pertenencia, departamentos que integran cada unidad de análisis y población según el Censo Nacional de Población, Hogares y Personas del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC, 2010).

**Figura 1** Ubicación de las ciudades bajo análisis



1. CABA, 2. Bariloche, 3. Catamarca, 4. Comodoro Rivadavia, 5. Córdoba, 6. Corrientes, 7. Formosa, 8. Jujuy, 9. La Rioja, 10. Mendoza, 11. Neuquén, 12. Paraná, 13. Posadas, 14. Resistencia, 15. Rosario, 16. Santiago del Estero, 17. Salta, 18. San Juan, 19. San Luis, 20. Santa Rosa, 21. Tucumán. Fuente: elaboración propia en base a datos del (INDEC, 2010).

Tabla 1. Ciudades, provincia de pertenencia y departamentos incluidos

Ciudad	Provincia	Departamentos incluidos	Población
<b>Bariloche</b>	Río Negro	Bariloche	133.500
<b>CABA</b>	CABA	-	2.890.151
<b>Catamarca</b>	Catamarca	Capital	159.703
<b>Comodoro Rivadavia</b>	Chubut	Escalante	109.123
<b>Córdoba</b>	Córdoba	Capital	1.329.604
<b>Corrientes</b>	Corrientes	Capital	358.223
<b>Formosa</b>	Formosa	Formosa	234.354
<b>Jujuy</b>	Jujuy	Dr. Manuel Belgrano y Palpalá	317.88
<b>La Rioja</b>	La Rioja	Capital	180.995
<b>Mendoza</b>	Mendoza	Capital; Godoy Cruz; Guaymallén; Las Heras; Luján de Cuyo y Maipú.	1.086.633
<b>Neuquén</b>	Neuquén	Confluencia	362.673
<b>Paraná</b>	Entre Ríos	Paraná	339.93
<b>Posadas</b>	Misiones	Capital	324.756
<b>Resistencia</b>	Chaco	San Fernando	390.874

<b>Rosario</b>	Santa Fe	Rosario y San Lorenzo	1.350.860
<b>Salta</b>	Salta	Capital	536.113
<b>San Juan</b>	San Juan	Capital; Chibas; Rawson; Rivadavia; Santa Lucía	441.477
<b>San Luis</b>	San Luis	La Capital	204.019
<b>Santa Rosa</b>	La Pampa	Capital y Toay	117.721
<b>Santiago del Estero</b>	Santiago del Estero	Capital y Banda	409.404
<b>Tucumán</b>	Tucumán	Capital; Cruz Alta; Lules; Taffí Viejo y Yerba Buena.	994.553

Fuente: elaboración propia en base a datos de (INDEC, 2010).

## Fuentes de datos

La información utilizada provino de fuentes secundarias. Los datos de mortalidad fueron provistos por la Dirección de Estadísticas e Información en Salud (DEIS) del Ministerio de Salud de la Nación, mientras que los datos meteorológicos fueron suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Todos los datos analizados se encuentran anonimizados, en cumplimiento con la Ley Nacional Nº 25.326 de Protección de los Datos Personales (2000).

## Período de análisis

El análisis se realizó para una serie de quince años comprendidos entre 2005 y 2019. La selección de este período tuvo como objetivo contar con una serie de datos suficientemente extensa. Se excluyeron los años 2020-2021 a fin de evitar posibles sesgos derivados del impacto de la Pandemia COVID-19 sobre los registros de mortalidad.

## Análisis de datos

En la tabla 2 se presentan los umbrales de temperatura máxima diaria (TX) y temperatura mínima diaria (TN) que definen una OC para cada ciudad analizada. Finalmente, se construyó una nueva variable, llamada “ola de calor” (OC), siguiendo la definición del SMN (2024). Se

construyó una serie temporal con las OC como variable dicotómica y se presenta a continuación el número de OC ocurridas en el período de análisis.

Tabla 2. Ubicación de estaciones meteorológicas, umbrales de temperatura, número de olas de calor (OC) 2005-2019

Ciudad	Longitud	Latitud	Altitud	TX <sup>+</sup>	TN <sup>+</sup>	OC <sup>+</sup> (n)
	(°)	(°)	(m)	(°C)	(°C)	
Bariloche	-71.16	-41.15	840	26.6	10.1	11
CABA	-58.48	-34.59	25	32.3	22	24
Catamarca	-65.76	-28.59	454	37.6	24.5	24
Com. Rivadavia	-67.46	-45.79	46	29.5	16	9
Córdoba	-64.21	-31.3	474	33.4	19.5	8
Corrientes	-58.76	-27.45	62	35.9	23.4	16
Formosa	-58.23	-26.21	60	37	24.3	12
Jujuy	-65.1	-24.38	905	34.5	20	9
La Rioja	-66.79	-29.38	429	38.7	23.5	19
Mendoza	-68.8	-32.84	704	35	20.6	18
Neuquén	-68.14	-38.95	271	34.4	17.6	15
Paraná	-60.48	-31.79	78	33.7	21	13
Posadas	-55.97	-27.39	125	35.5	23.4	23
Resistencia	-59.05	-27.44	52	36.2	23.4	14
Rosario	-60.78	-32.92	25	33.4	20.5	18
Salta	-65.48	-24.84	1221	31.8	18.2	5

<b>San Juan</b>	-68.42	-31.57	598	37.4	21.3	19
<b>San Luis</b>	-66.35	-33.27	713	34.2	20.3	20
<b>Santa Rosa</b>	-64.28	-36.59	191	34.5	18.6	14
<b>Santiago del Estero</b>	-64.3	-27.75	199	38.3	23	15
<b>Tucumán</b>	-65.11	-26.84	450	35.2	22	16

\* Umbral de temperatura máxima diaria

† Umbral de temperatura mínima diaria

‡ Olas de calor

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por el SMN

Para el análisis de la mortalidad natural se definieron cinco subgrupos, a saber: mortalidad natural bruta (A00 a R99) que excluye a las causas externas, varones, mujeres, 0 a 64 años, 65 años y más, siguiendo la clasificación utilizada por D'Ippoliti et al (2010) y Gronlund et al (2014). En la tabla 3 se presentan los valores medios de mortalidad diaria para cada una de variables resultado.

Además, con el objetivo estudiar los desfases temporales entre la exposición a la OC y la ocurrencia defunciones se construyeron variables con rezagos de +1, +2, +3 y +4 días de acuerdo con (Anderson & Bell, 2011; Wang et al, 2015).

Tabla 3. Media diaria de mortalidad para cada una de variables resultado

**Media de muertes naturales diarias durante el semestre cálido**

<b>Ciudad</b>	<b>Mort. Natural</b>	<b>Varones</b>	<b>Mujeres</b>	<b>0 a 64 años</b>	<b>65 años y mas</b>
<b>Bariloche</b>	1.9	1.0	0.9	0.6	1.3
<b>CABA</b>	100.8	47.3	53.6	25.9	74.9
<b>Catamarca</b>	3.8	1.9	1.9	1.2	2.5
<b>Comodoro Rivadavia</b>	2.7	1.5	1.2	0.9	1.8
<b>Córdoba</b>	29.5	14.7	14.8	8.5	21.0

<b>Corrientes</b>	7.7	4.0	3.7	3.0	4.7
<b>Formosa</b>	5.2	2.8	2.3	2.3	2.9
<b>Jujuy</b>	6.0	3.2	2.9	2.3	3.8
<b>La Rioja</b>	3.2	1.7	1.5	1.2	2.0
<b>Mendoza</b>	20.0	9.8	10.2	5.1	14.9
<b>Neuquén</b>	5.2	2.8	2.4	1.8	3.5
<b>Paraná</b>	7.5	3.8	3.7	2.3	5.2
<b>Posadas</b>	6.4	3.5	3.0	2.6	3.9
<b>Resistencia</b>	8.1	4.2	3.9	3.1	5.0
<b>Rosario</b>	31.3	15.0	15.9	7.7	23.6
<b>Salta</b>	9.9	5.2	4.7	3.7	6.2
<b>San Juan</b>	9.3	4.7	4.6	2.7	6.6
<b>San Luis</b>	7.7	4.0	3.7	3.0	4.7
<b>Santa Rosa</b>	2.5	1.3	2.0	0.6	1.9
<b>Santiago del Estero</b>	8.65	4.56	4.07	2.92	5.73
<b>Tucumán</b>	17.1	8.7	8.4	5.6	11.5

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados del Ministerio de Salud.

El análisis de series temporales se realizó mediante modelos aditivos generalizados (GAM). Este tipo de modelos permite establecer una relación de tipo lineal entre las variables de interés, incorporando variables de control o confundentes a través de una función de suavizado no paramétrico (Hastie & Tibshirani, 1986). Además, se analizaron los rezagos para dar cuenta del período de latencia entre exposición e impacto.

La ecuación general de cada modelo es la que se presenta a continuación:

$$\text{Log}(E(Y)) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + S(X_n) + \varepsilon$$

En la que Y es la variable resultado (mortalidad), E(Y) es el valor esperado de defunciones,  $\beta_0$  es el intercepto,  $\beta_1$  es el estimador,  $X_1$  es la variable concomitante, S es la función de suavizamiento y  $\varepsilon$  el error.  $\beta_1$  describe el aumento del riesgo en presencia del evento de interés (OC, rezago de OC, etc.) por sobre el resto de días del semestre cálido con ausencia de evento.

Los resultados se presentan como riesgo relativo (RR) entre expuestos y no expuestos a las OC. Expresa cuántas veces más frecuente es la muerte en una población expuesta que aquella que no lo está. En este caso, por tratarse de un estudio ecológico la comparación es de la población consigo misma en dos momentos diferentes (Bonita, Beaglehole & Kjellstróm, 2008). Los valores de RR se presentan acompañados por su intervalo de confianza del 95% presentado entre paréntesis. Se consideró asociación estadísticamente significativa a aquellos con un p-valor < 0,05.

Para el análisis se utilizó el software libre R versión 4.3.1. con el paquete “mgcv” versión 1.8-42, para la construcción de gráficos y tablas, Microsoft Excel y para la elaboración de los mapas el programa Surfer versión 7.0.

## **Aspectos éticos de la investigación**

Los datos analizados provienen de fuentes de información pública y se encuentran anonimizados, por lo que el estudio no requirió revisión por un comité de ética en investigación. El diseño metodológico cumple con la Resolución Nº 1480/11 (Ministerio de Salud, 2011) y la Ley Nacional Nº 25.326.

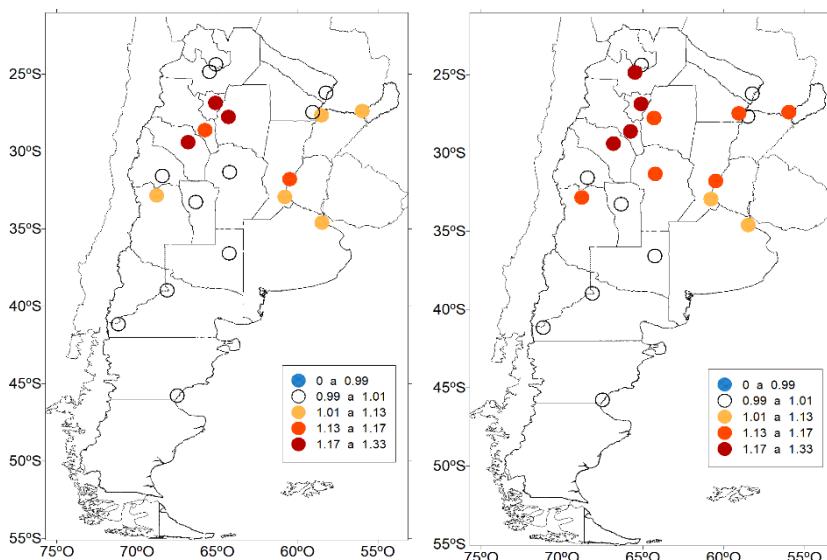
## **Resultados**

Las 21 ciudades analizadas, que en conjunto sumaban un total de 12.156.677 habitantes, concentraban en el año 2010 aproximadamente un tercio de la población urbana del país. Durante los 14 semestres cálidos analizados se registraron un total de 794.307 defunciones por causas naturales en el conjunto de áreas urbanas analizadas. En la tabla 3 se presentan los valores medios de mortalidad diaria para cada una de las variables.

Los cambios en el riesgo de mortalidad, expresados como riesgo relativo (RR), se analizaron para la OC y con rezagos (desfasajes temporales entre la exposición y la manifestación de las defunciones) de uno, dos, tres y cuatro días. Toda vez que se refiera que un valor presenta significancia estadística es porque contó con un p-valor < 0,05 (se presenta en las tablas del ANEXO).

Al analizar el riesgo de mortalidad natural bruta durante las OC y sus rezagos se observó un incremento en 14 ciudades, en 10 de ellas aumentó el riesgo durante los eventos de OC, con valores comprendidos entre 1.06 (IC95%: 1.03-1.09) para CABA y 1.27 (IC95%: 1.12-1.44) para La Rioja (figura 5.a). Son 12 las ciudades con incrementos significativos en el riesgo de mortalidad natural bruta para el rezago de dos días, con valores que van de 1.08 (IC95%: 1.05-1.10) a 1.32 (IC95%: 1.17-1.49) en las mismas ciudades (figura 5.b). Además, durante las OC el RR de mortalidad natural bruta se incrementa más de 1.12 en cinco ciudades, mientras que en el rezago de dos días se duplica la cantidad de ciudades que superan dicho incremento (ver figura 2).

Figura 2. Riesgo relativo de mortalidad natural bruta durante olas de calor (a) y rezago de dos días (b) en 21 ciudades de Argentina, 2005-2019



Fuente: elaboración propia

En las ciudades de Corrientes y Santiago del Estero los valores más altos de RR de mortalidad natural bruta se registraron durante las OC (RR=1.12; IC95%: 1.03-1.23 y RR=1.23; IC95%: 1.13-1.35, respectivamente), mientras que en el resto de las ciudades se observaron al analizar los rezagos. Por ejemplo, en la región Centro y NOA (con excepción de la antes nombrada) se dieron entre el rezago uno y dos. En el otro extremo, San Luis y Posadas tuvieron sus valores máximos (RR=1.12; IC95%: 1.03-1.21 y 1.15; IC95%: 1.06-1.24) en el cuarto día de rezago de la OC. (ver en Anexo I).

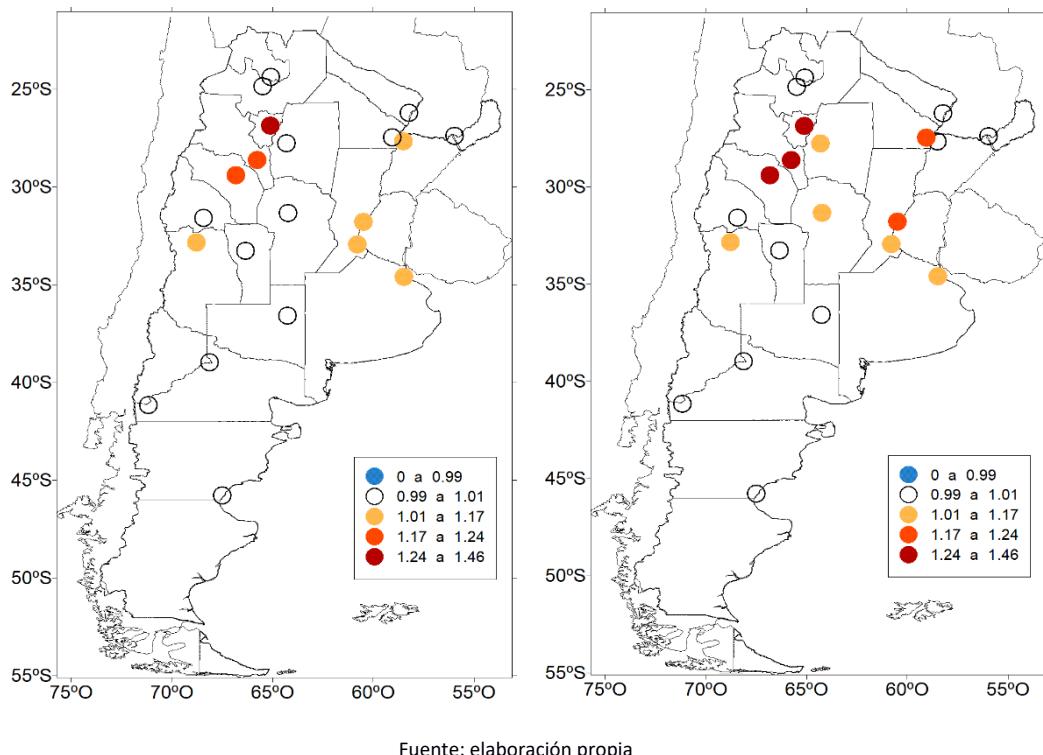
Ninguna ciudad de la Patagonia mostró incrementos significativos en el riesgo de mortalidad natural bruta durante las OC y sus rezagos, así como tampoco Jujuy ni Formosa.

El riesgo de mortalidad se incrementó en la mitad de las ciudades para los varones (N=12) y para las mujeres (N=11) durante las OC y sus rezagos. Sin embargo, al analizar los incrementos en la mortalidad solo durante las OC, fueron ocho ciudades para los varones y en nueve para las mujeres (fig. 3.a. y 4.a.), con valores más elevados para éstas (entre RR=1.09; IC95%: 1.05- 1.13 y RR=1.40; IC95%: 1.17-1.67) que para aquellos (entre RR=1.04; IC95%: 1.01-1.08 y RR=1.25; IC95%: 1.13-1.37).

En los varones, el máximo de ciudades (N=10) con incrementos en la mortalidad se observó en el rezago de dos días de las OC, de las cuales la mitad mostró aumentos significativos mayores al 17% (fig. 6.b.) y luego decayó hasta seis ciudades para el rezago de cuatro días (ver Anexo II). Por otro lado, en las mujeres el máximo también fue de 10 ciudades que se registró con un día de rezago y se mantuvo ese valor en los rezagos de tres y cuatro días (Anexo III.b.). En el rezago de dos días el riesgo de mortalidad en mujeres se acrecentó en nueve ciudades y en dos tercios de ella el alza fue mayor al 17% (fig. 4.b).

La región NOA fue la que presentó los mayores incrementos tanto para las mujeres como para los varones, éstos se observaron con un desfasaje de 2 días entre la OC y las defunciones. En las primeras con valores de RR entre 1.20 y 1.46, mientras que para los varones los RR variaron entre 1.13 y 1.34, todos los valores con  $p<0,05$ .

Figura 3. Riesgo relativo de mortalidad por olas de calor en varones durante olas de calor (a) y rezago de dos días (b) en 21 ciudades de Argentina, 2005-2019

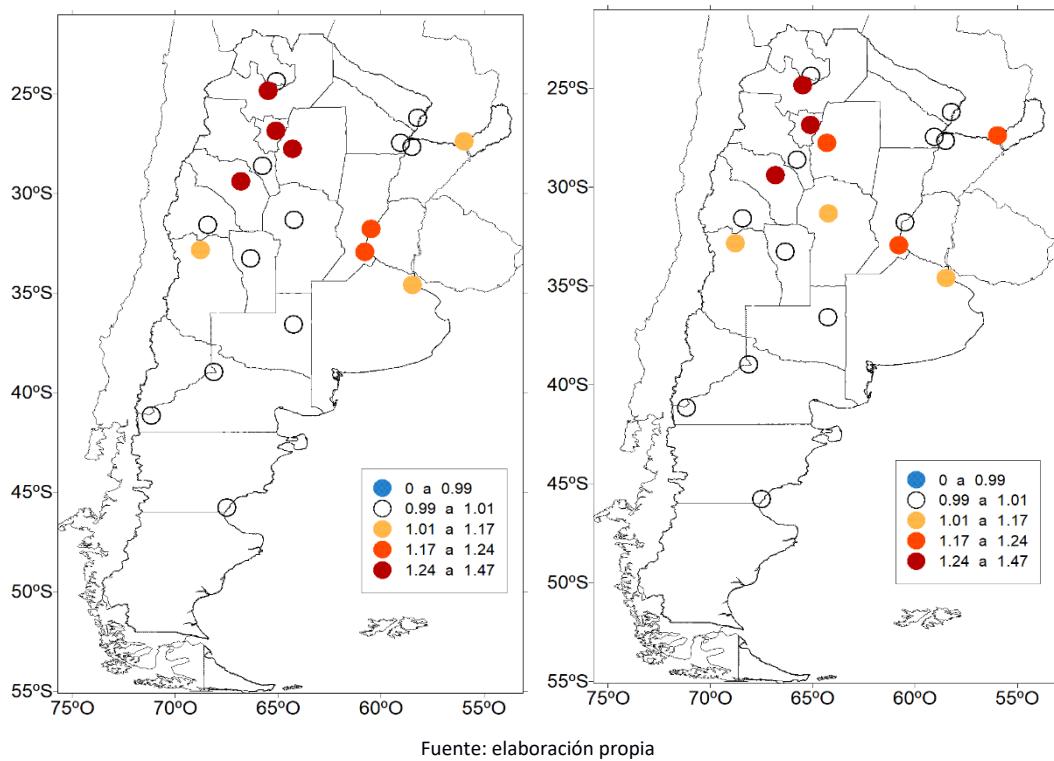


Fuente: elaboración propia

En la región patagónica no se observaron incrementos en el riesgo de mortalidad por sexo e incluso, Bariloche registró una reducción significativa del riesgo de mortalidad en las mujeres, con un RR=0.57 (IC95%: 0.35-0.92;  $p<0.05$ ) para el rezago de 4 días de las OC (Anexo III).

Por su parte, las ciudades de Formosa y Jujuy tampoco mostraron cambios significativos ( $p<0.05$ ) en el riesgo de mortalidad por sexo.

Figura 4. Riesgo relativo de mortalidad por olas de calor en mujeres durante olas de calor (a) y rezago de dos días (b) en 21 ciudades de Argentina, 2005-2019



Los cambios en el riesgo de mortalidad se analizaron en dos grandes grupos etarios: 0 a 64 años y 65 años y más.

En el primer grupo, el riesgo de mortalidad aumentó en siete ciudades durante las OC y sus rezagos. Los efectos durante las OC se manifestaron de manera temprana; se observaron incrementos en el riesgo de mortalidad en cinco ciudades (dos en el Centro, una en Cuyo, una en Patagonia y una en NOA) durante los eventos, así como con rezagos de un día (ver tabla 4). Para los rezagos de tres y cuatro días solo se observa una ciudad con incremento para cada rezago: CABA (RR=1.05; IC95%: 1.01-1.09 p<0.05) para el primero y Neuquén (RR=1.22; IC95%: 1.02-1.46 p<0.05) para el segundo.

En CABA el riesgo de mortalidad en el grupo de 0 a 64 años se manifestó durante las OC y hasta el rezago de tres días, pasando de 1.08 (IC95%: 1.03-1.13 p<0.001) a 1.05 (IC95%: 1.01-1.09 p<0.05), para perder la significancia en el cuarto día de rezago (ver Anexo IV).

Cabe destacar que la ciudad más austral del estudio, Comodoro Rivadavia, mostró un incremento de 1.45 (IC95%: 1.06-2.00 p<0.05) en el RR del grupo de 0 a 64 años, durante las OC. En la región NEA no se observó incrementos en el riesgo de mortalidad en ese grupo durante las OC y sus rezagos.

En el grupo de personas mayores (65 años y más), el riesgo de mortalidad se aumentó en el 80% de las ciudades bajo análisis (N=17) y en siete de ellas (CABA, Catamarca, La Rioja, Mendoza, Rosario Santiago del Estero y Tucumán) el RR se incrementó durante las OC y todos sus rezagos. La Rioja fue la ciudad que mostró el mayor valor del RR para este grupo (1.45; IC95%: 1.25-1.68; p<0.001) para el rezago de un día, incluso en el último rezago analizado, los valores se mantuvieron altos y con una importante significancia estadística (RR=1.29; IC95%: 1.10-1.52 p<0.01).

Tabla 4. Riesgo relativo de mortalidad en personas de 0 a 64 años durante olas de calor y rezago de un día en 21 ciudades de Argentina, 2005-2019

	OC				Rezago de 1 día de OC			
	RR*	IC inf. <sup>†</sup>	IC sup. <sup>‡</sup>	sign. §	RR	IC inf.	IC sup.	Sign.
<b>CENTRO</b>								
<b>CABA</b>	1.08	1.03	1.13	p<0.001	1.08	1.04	1.13	p<0.001
<b>Córdoba</b>	1.04	0.92	1.18	-	1.04	0.92	1.18	-
<b>Paraná</b>	1.11	0.94	1.30	-	1.15	0.98	1.35	-
<b>Rosario</b>	1.13	1.04	1.23	p<0.01	1.12	1.03	1.22	p<0.01
<b>CUYO</b>								
<b>Mendoza</b>	1.15	1.04	1.27	p<0.01	1.12	1.01	1.23	p<0.05
<b>San Juan</b>	1.01	0.87	1.16	-	1.03	0.93	1.13	-
<b>San Luis</b>	1.02	0.90	1.16	-	0.99	0.87	1.13	-

PATAGONIA								
<b>Bariloche</b>	0.94	0.59	1.50	-	0.89	0.55	1.44	-
<b>Comodoro Rivadavia</b>	1.45	1.06	2.00	p<0.05	1.37	0.99	1.90	-
<b>Neuquén</b>	0.98	0.80	1.20	-	0.89	0.72	1.10	-
<b>Santa Rosa</b>	0.87	0.60	1.24	-	0.81	0.55	1.17	-
NEA <sup>1</sup>								
<b>Corrientes</b>	1.04	0.90	1.21	-	1.00	0.86	1.16	-
<b>Formosa</b>	0.86	0.71	1.04	-	0.83	0.68	1.01	-
<b>Posadas</b>	1.09	0.97	1.23	-	1.04	0.92	1.17	-
<b>Resistencia</b>	1.06	0.91	1.22	-	1.11	0.96	1.27	-
NOA <sup>2</sup>								
<b>Catamarca</b>	1.09	0.89	1.34	-	1.10	0.90	1.34	-
<b>Jujuy</b>	0.96	0.76	1.21	-	1.03	0.82	1.29	-
<b>La Rioja</b>	1.07	0.86	1.33	-	1.07	0.86	1.33	-
<b>Salta</b>	1.13	0.92	1.39	-	1.23	1.01	1.50	p<0.05
<b>Santiago del Estero</b>	1.09	0.93	1.27	-	1.03	0.89	1.21	-
<b>Tucumán</b>	1.27	1.15	1.41	p<0.001	1.23	1.11	1.36	p<0.001

\* Riesgo relativo

† Límite inferior del intervalo de confianza del 95%

‡ Límite superior del intervalo de confianza del 95%

§ Significancia estadística

1. Noreste argentino
2. Noroeste argentino

Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud y del SMN

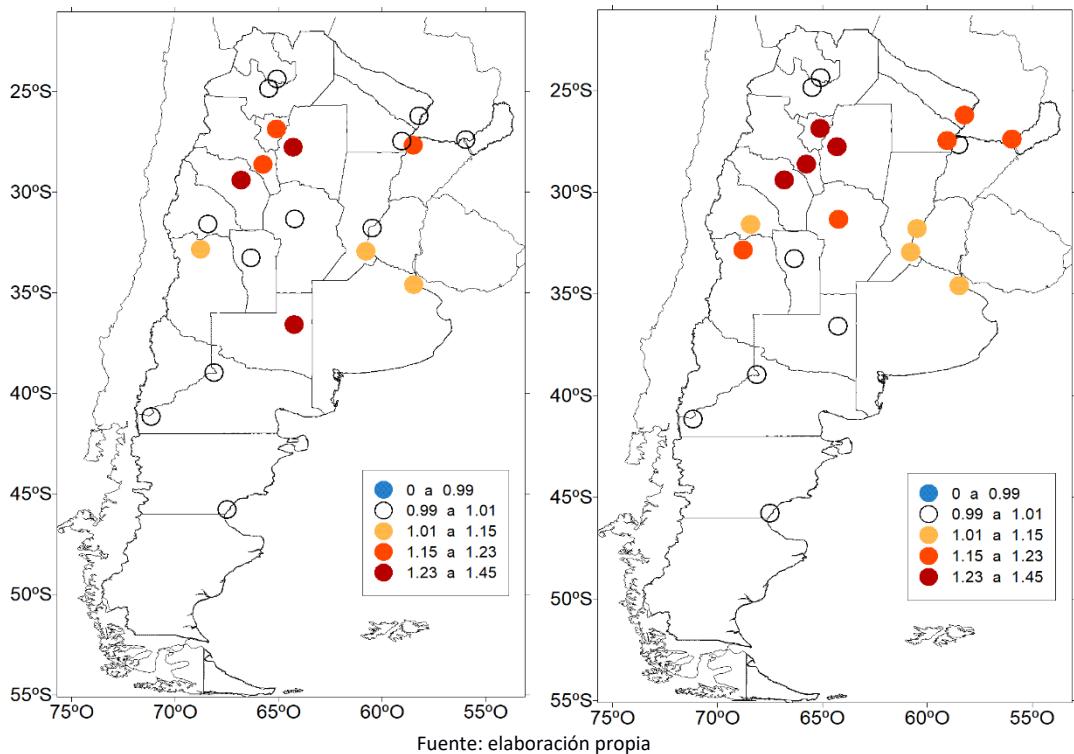
Durante las olas de calor (OC), el riesgo de mortalidad en personas mayores se incrementó en nueve ciudades, con valores de riesgo relativo (RR) que oscilaron entre 1,09 y 1,39. En el rezago de dos días, dicho incremento se observó en 13 áreas urbanas (Figura 5.b), de las cuales nueve presentaron un aumento del RR superior al 15 % ( $p < 0,01$ ).

Corrientes y Santa Rosa solo mostraron asociación significativa con las OC ( $RR=1.15$  IC95%: 1.03-1.29 y  $RR= 1.27$  IC95%: 1.06-1.51, respectivamente), al tiempo que en San Luis los incrementos significativos en el riesgo de mortalidad para las personas mayores se observaron en los rezagos tres y cuatro, con un  $RR=1.15$  (IC95%: 1.05-1.27  $p<0.01$ ) en este último.

En la región Centro los valores máximos de incremento del riesgo se registraron entre el primer y tercer día de rezago, pero se mantuvieron altos hasta el rezago de cuatro días (ver Anexo V).

Por su parte, en Patagonia los incrementos en el riesgo se observaron durante las OC en Santa Rosa ( $RR=1.27$ ; IC95%: 1.06-1.51  $p<0.01$ ) y con el rezago de un día en Neuquén ( $RR=1.18$ ; IC95%: 1.04- 1.35  $p<0.05$ ). Además, en Bariloche se observó una disminución significativa en el riesgo de mortalidad con un  $RR= 0.65$  (IC95%: 0.45-0.95  $p<0.05$ ).

Figura 5. Riesgo relativo de mortalidad en personas de 65 años y más durante olas de calor (a) y rezago de dos días (b) en 21 ciudades de Argentina, 2005-2019.



Fuente: elaboración propia

## Discusión

En un contexto de calentamiento del sistema climático se espera que las OC sean más frecuentes, intensas y duraderas tanto a escala global como nacional (Barros et al, 2015; Herrera, 2024; IPCC, 2021; Rusticucci et al, 2016). Por ello cobra mayor relevancia estudiar los impactos sanitarios de dicho fenómeno, entre ellos el riesgo de mortalidad.

El presente estudio partió de la definición de OC adoptada por el SMN (2025), en base a umbrales climatológicos (P90) fijados para cada ciudad y asociados a incrementos en la mortalidad por estudios previos (Almeira, Rusticucci & Suaya, 2016; Chesini, Abrutzky & de Titto, 2019; Chesini et al, 2022). Dicha definición es utilizada actualmente por el SMN para operar el Sistema de Alerta Temprana por Temperatura Extrema (SAT-TE calor) (Herrera y otros, 2021). Estudios previos han encontrado incrementos en el riesgo de mortalidad

asociada con OC calculadas usando el P90 como umbral (D'Ippoliti et al, 2010; Anderson & Bell, 2011; Guo et al, 2017; Wang et al, 2015).

Las unidades de análisis, aunque reúnen criterios comunes para su inclusión (ser las ciudades más pobladas de su provincia y tener un promedio de defunciones diarias  $> 1$ ) presentan gran heterogeneidad en términos climáticos, demográficos, geográficos y político-administrativos. Esta heterogeneidad y otras no relevadas en el presente trabajo (estructura demográfica, condiciones socioeconómicas, cobertura de salud y prevalencia de enfermedades no transmisibles) deben ser tenidas en cuenta al momento de analizar los resultados. Asimismo, existen otros factores de escala individual que contribuyen a incrementar la vulnerabilidad frente a las OC (calidad de la vivienda, tenencia de aire acondicionado, exposición laboral, entre otras), pero que no han podido ser incluidos en el presente estudio dado su enfoque ecológico y las fuentes de datos analizadas (

En 19 de las 21 ciudades bajo estudio se registraron incrementos significativos en el riesgo de mortalidad para uno o más de los subgrupos analizados durante las OC o sus rezagos. Algo similar se reportó en un estudio previo para donde se analizó la mortalidad por frío extremo para las mismas ciudades (Chesini et al, 2019).

CABA, Mendoza, Rosario y Tucumán presentaron incrementos en el riesgo de mortalidad para todos los subgrupos analizados. Estas son cuatro de las cinco ciudades más pobladas del estudio. Así, el tamaño poblacional y su correlato en el recuento diario de defunciones para cada subgrupo pueden influir en fortaleza estadística y en la significancia de la asociación. Asimismo, Camillioni y Barros (1995) sostienen que el fenómeno de isla urbana de calor es proporcional al tamaño poblacional y esto puede estar contribuyendo a que las OC tengan mayor impacto en la mortalidad.

Por otro lado, en Bariloche se observó una reducción significativa en el riesgo de mortalidad (efecto protector), para las mujeres y las personas mayores solo en el cuarto día de rezago. En la Referencias analizada no se encontró reportes de un fenómeno similar. Sin embargo, los umbrales que definen la OC en Bariloche ( $TX=26.6^{\circ}\text{C}$  y  $TN=10.1^{\circ}\text{C}$ ) podrían estar explicando una reducción de la mortalidad por frío, ya que, incluso el umbral de la temperatura máxima que define las OC se encuentra comprendido dentro del rango considerado de confort térmico (OMS, 1969).

Estudios previos han referido que la exposición a las OC se traduce en efectos en la mortalidad con rezagos (*lags*) de hasta cuatro días (Gao et al, 2015). En este trabajo, los efectos rezagados se manifestaron tanto en el número de ciudades con incrementos significativos, como en los valores de RR alcanzados. Por ejemplo, en la mortalidad natural bruta se pasa de 10 ciudades con riesgo incrementado durante las OC a 13 para el rezago de tres días. Por otro lado, los mayores valores de RR para diferentes subgrupos (mortalidad

natural bruta, varones y mujeres) se registraron para el rezago de dos días. Mientras que, el máximo valor para el subgrupo de 65 años y más se dio en el rezago de un día.

La mortalidad natural bruta se incrementó en 14 ciudades, pero con diferencias regionales. Mientras que en la región Centro los incrementos del RR se ubicaron entre 1.06 y 1.13 durante la OC, en la región NOA los incrementos oscilaron entre 1.16 y 1.27. En el otro extremo, la Patagonia no presentó incremento significativo en el riesgo de mortalidad para ningún subgrupo analizado. De igual modo, Kephart et al. (2022) reportaron que el riesgo de mortalidad por calor extremo fue elevado en ciudades templadas de Argentina, sur de Brasil y México, mientras que en ciudades con climas fríos o con una baja variabilidad en la temperatura los cambios en la mortalidad fueron mínimos. Asimismo, D'Ippoliti et al. (2010) encontraron que en las ciudades mediterráneas el efecto de las OC fue mayor que en las ciudades del norte de Europa.

La cantidad de ciudades en las que se incrementó la mortalidad fue similar según sexo. Sin embargo, los valores de RR fueron mayores en las mujeres que en los varones, tanto durante la OC, como en los rezagos. Mayor riesgo de mortalidad por OC en las mujeres fue descripto por Bell et al (2008) para Ciudad de México, Chesini, Abrutzky & de Titto (2019) para la ola de calor de 2013 en CABA, Geirinhas et al. (2020) en Río de Janeiro, Son et al (2016) en San Pablo, ambas en Brasil y por Wang et al. (2015) para tres ciudades de Australia. De manera opuesta, en un estudio previo que analizó la mortalidad por olas de frío para las mismas ciudades se observó que en la semana posterior a una ola de frío el RR se incrementó en más ciudades para los varones que para las mujeres (Chesini et al, 2019).

La evidencia internacional sostiene que las personas mayores presentan mayor riesgo de mortalidad frente a las OC, aunque no hay acuerdo de cómo definir a dicho grupo. Así, Geirinhas et al. (2020) evidenciaron incrementos en la mortalidad en personas de 60 años y más; D'Ippoliti et al (2010), Hurtado-Díaz et al (2019) y Kephart et al (2022) consideraron 65 años y más, al tiempo que y Wang et al (2015) se centraron en 75 años y más. Los hallazgos de este estudio son consistentes con la Referencias: en el 80% de las ciudades bajo análisis se incrementó el riesgo de mortalidad en personas de 65 años y más durante las OC.

De igual modo, podría pensarse que la proporción de personas mayores estaría explicando mayores riesgos de mortalidad natural bruta en la población general. Sin embargo, La Rioja es la ciudad que presenta mayores incrementos en el riesgo de mortalidad tanto durante las OC y sus rezagos, pero solo cuenta con un 6,3% de la población con 65 años y más. En el otro extremo, CABA es la que presenta la mayor proporción de personas mayores (16,4%) y su riesgo de mortalidad natural bruta para todas las edades fue el más bajo dentro de las estadísticamente significativas.

No son despreciables los incrementos en el grupo de 0 a 64 años, donde el RR aumentó en un tercio de las ciudades (N=7) considerando las OC o sus rezagos. Con especial énfasis en Comodoro Rivadavia. En un estudio previo, Chesini, Abrutzky & de Titto (2019) reportaron que el riesgo de mortalidad por OC en la Ciudad de CABA era mayor en el grupo de 0 a 14 años que en el de 15 a 64 años. Sin embargo, es este estudio se decidió construir solo dos grupos de edad, dada la disparidad en el recuento de defunciones entre las diferentes ciudades bajo análisis.

Entre las limitaciones del presente estudio se destaca la imposibilidad de controlar la contaminación del aire como confusor y/o modificador de efecto, a pesar de que muchos estudios así lo sugieren (Bao et al, 2016; D'Ippoliti et al, 2010; Gasparrini et al, 2015; Son et al, 2016), dada la escasa disponibilidad de monitoreo continuo en las ciudades bajo análisis, con excepción de CABA. Sin embargo, Son et al (2016) sugiere que este factor tiene un impacto moderado, si tiene alguno. Otra limitación radica en la imposibilidad de analizar el Área Metropolitana de Buenos Aires en su conjunto, debido a la ausencia de registros diarios de mortalidad para gran parte del período bajo análisis. Además, la metodología seleccionada para este trabajo presenta la limitación de no poder analizar unidades de análisis con bajo recuento de defunciones. Otras metodologías estadísticas más robustas deberían ser exploradas en futuros estudios.

## **Conclusiones**

El presente estudio aporta nueva evidencia sobre el riesgo de mortalidad en ciudades argentina a través del análisis de series temporales. Las ciudades de la Patagonia merecen una mención especial, dado que fueron excluidas de estudios previos y en el presente se ha documentado incrementos en el riesgo. El recorte espacial a nivel de ciudad contribuye a contar con información para la definición de políticas de prevención, preparación y respuesta a las olas de calor en el nivel local.

## **AGRADECIMIENTOS**

Rosana Abrutzky y Natalia Herrera por la colaboración en el análisis y la elaboración de mapas; al Servicio Meteorológico Nacional y al Ministerio de Salud, por la provisión de datos; al Fondo Permanente de Capacitación y Recalificación Laboral (FOPECAP) por el financiamiento para la realización de la Maestría en Salud Pública en la que se enmarca este artículo.

**Declaración de interés:** los autores declaran no presentar conflictos de interés.

**Contribución de los autores:** FC and MR: conceptualización, investigación, redacción, revisión y edición; FC metodología, modelado, escritura del borrador original; MR: supervisión y validación.

## Referencias

- Almeira, G., Rusticucci, M. & Suaya, M. (2016). Relación entre mortalidad y temperaturas extremas en Buenos Aires y Rosario. *Meteorológica*, 65-79.
- Amable M, Abrutzky, R. & García, V. (2024). Caracterización de la exposición laboral a altas temperaturas a partir de datos ecológicos regionales. Argentina, 2005 – 2015. *Arch Prev Riesgos Laborales*; 27(4):360-72.
- Anderson, G. B., & Bell, M. L. (2011). Heat Waves in the United States: Mortality Risk during Heat Waves and Effect Modification by Heat Wave Characteristics in 43 U.S. Communities. *Environmental Health Perspectives*, 119(2), 210-218. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002313>
- Bao, J., Wang, Z., Yu, C., & Li, X. (2016). The influence of temperature on mortality and its Lag effect: a study in four Chinese cities with different latitudes. *BMC Public Health*, 1-8. doi: <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3031-z>
- Barros, V., Vera, C., Agosta, E., Araneo, D., Camilloni, I., Carril, A., Doyle, M., Frumento, O., Nuñez, N., Ortiz de Zárate, M.I., Penalba. O., Rusticucci, M., Saulo, C., Solman, S. (2015). *Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. [https://3cn.cima.fcen.uba.ar/3cn\\_informe.php](https://3cn.cima.fcen.uba.ar/3cn_informe.php)
- Bell, M. L., O'Neill, M. S., Ranjit, N., Borja-Aburto, V. H., Cifuentes, L. A., & Gouveia, N. C. (2008). Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *International Journal of Epidemiology*, 37(4), 796–804. doi: <https://doi.org/10.1093/ije/dyn094>
- Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellström, T. (2008). *Epidemiología Básica*. Washington D.C.: Organización Panamericana de la Salud.
- Camillioni, I., & Barros, V. (1995). Influencias de la isla urbana de calor en la estimación de las tendencias seculares de la temperarura en Argentina subtropical. *Geofísica Internacional*, 161-170.
- Casadei, P., Semmartin, M., & Garbulsky, M. F. (2021). Análisis regional de las islas de calor urbano en la Argentina. *Ecología Austral*, 31(1), 190–203. <https://doi.org/10.25260/EA.21.31.1.0.970>
- Chesini, F., Abrutzky, R., & de Titto, E. (2019). Mortalidad por olas de calor en la ciudad de Buenos Aires, Argentina (2005-2015). *Cadernos de Saude Pública*, 1-11. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00165218>

Chesini, F., Abrutzky, R., Herrera, N., Skansi, M. M., Fontán, S., Gonzalez Morinigo, E. C., Savoy, F., de Titto, E. (2019). Mortalidad asociada a eventos extremos de frío en Argentina, 2005-2015. *Revista Argentina de Salud Pública*, 10(41), 28-36.

Chesini, F., Herrera, N., Skansi, M., González Morinigo, E., Fontán, S., Savoy, F., & de Titto, E. (2022). Mortality risk during heat waves in the summer 2013-2014 in 18 provinces of Argentina. *Ecological study. Ciência & Saúde Coletiva*, 2022; 27(5): <https://doi.org/10.1590/1413-81232022275.07502021>

Chesini, F. & Rusticucci, M. (2025). Heatwave mortality according to specific causes in argentinian cities (2005-2019). *The Journal of Climate Change and Health* (en prensa)

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2025). Estadísticas urbanas regionales. <https://plataformaurbana.cepal.org/es/estadisticas-urbanas-regionales>

Díaz Jiménez, J., Linares Gil, C., & García Herrera, R. (2005). Impacto de las temperaturas extremas en la salud pública: futuras actuaciones. *Revista Española de Salud Pública*, 79, 145-157.

D'Ippoliti, D., Michelozzi, P., Marino, C., de'Donato, F., Menne, B., Katsouyanni, K., Kirchmayer, U., Analitis, A., Medina-Ramón, M., Paldy A., Atkinson, R., Kovats, S., Bisanti, L., Schneider, A., Lefranc, A., Iñiguez C., Perucci, C. A. (2010). The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environmental Health*, 9(37), 1-9.: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-37>

Gao, J., Sun, Y., Liu, Q., Zhou, M., Lu, Y., & Li, L. (2015). Impact of extreme high temperature on mortality and regional level definition of heat wave: A multi-city study in China. *Science of the Total Environment*, 505, 535–544. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.028>

Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., Tobias, A., Tong, S., Rocklöv, J., Forsberg, B., Leone, M., De Sario, M., Bell, M. L., Guo, Y. L., Wu, C. F., Kan, H., Yi, S. M., de Sousa Zanotti Staglorio Coelho, M., Saldíva, P. H., Honda, Y., ... Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet* (London, England), 386(9991), 369–375. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0)

Geirinhas, J.L., Russo, A., Libonati, R., Trigo, R.M., Casto, L.C.O., Peres, L.F., Magalhães, M.A., Nunes, B. (2020). Heat-related mortality at the beginning of the twenty-first century in Rio de Janeiro, Brazil. *Int J Biometeorol*, 64, 1319–1332- doi: <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01908-x>

Guo, Y., Gasparrini, A., Armstrong, B. G., Tawatsupa, B., Tobias, A., Lavigne, E., de Sousa Zanotti Staglorio Coelho, M., Pan, X., Kim, H., Hashizume, M., Honda, Y., Guo, Y. L., Wu, C., Zanobetti, A., Schwartz, J.D., Bell, M.L., Scorticchini, M., Michelozzi, P., Punnasiri, K., Li, S.,... Hashizume, M. (2017). Heat Wave and Mortality: A Multicountry, Multicommunity Study. *Environmental Health Perspectives*, 125(8), 1-11. doi: <https://doi.org/10.1289/EHP1026>

Harterger, S. M., Palmeiro-Silva, Y. K., Llerena-Cayo, C., Blanco-Villafuerte, L., Escobar, L. E., Diaz, A., Helo Sarmiento, J., Lescano, A. G., Melo, O., Rojas-Rueda, D., Takahashi, B., Callaghan, M., Chesini, F., Dasgupta, S., Gil Posse, C., Gouveia, N., Martins de Carvalho, A., Miranda-Chacón, Z., Mohajeri, N., Pantoja, C., Robinson, E. J. Z., Salas, M. F., Santiago, R., Sauma, E., Santos-Vega, M., Scamman, D., Sergeeva, M., Souza de Camargo, T., Sorensen, C., Umaña, J. D., Yglesias-González, M., Walawender, M., Buss, D., & Romanello, M. (2024). The 2023 Latin America report of the Lancet Countdown on health and climate change: The imperative for health-centred climate-resilient development. *The Lancet Regional Health – Americas*, 21, 100746.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.lana.2024.100746>

Hastie, T., & Tibshirani, R. (1986). Generalized additive models. *Statistical Science*, 1(3), 297-318.

Herrera, N. (2024). *Climatología de las Olas de Calor en Argentina en el período 1961/62 - 2022/23*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Servicio Meteorológico Nacional.

[https://repositorio.smn.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12160/2710/Nota\\_Tecnica\\_SMN\\_2024-165.pdf](https://repositorio.smn.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12160/2710/Nota_Tecnica_SMN_2024-165.pdf)

Herrera, N., Chesini, F., Saucedo, M. A., Menalled, M. E., Fernández, C., Chasco, J., & Cejas, A. G. (2021). *Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Calor (SAT-TE Calor): la evolución del SAT-OCS*. Servicio Meteorológico Nacional. Obtenido de <https://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/1726>

Huang, C., Liu, K., Ma, T. et al. Analysis of the impact mechanisms and driving factors of urban spatial morphology on urban heat islands. *Sci Rep* 15, 18589 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-04025-0>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Obtenido de <https://www.indec.gob.ar/>

IPCC. (2021). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press

Kephart, J.L., Sánchez, B.N., Moore, J., Schinasi, L.H., Bakhtsiyarava, M., Ju, Y., Gouveia, N., Caiaffa, W.T., Dronova, I., Arunachalam, S., Diez Roux, A.V., Rodríguez, D.A. (2022). City-level impact of extreme temperatures and mortality in Latin America. *Nature Medicine*, 28, 1700–1705. doi: <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01872-6>

Ley Nacional 25.326 de 2000. Protección de datos personales.

<https://servicios.infoleg.gob.ar/infoleginternet/anexos/60000-64999/64790/texact.htm>

Lozada Montanari, M.S., Camilloni, I. (2022) Variabilidad espacio-temporal de la isla de calor superficial en tres ciudades argentinas. *Meteorologica*, 47(1), <https://doi.org/10.24215/1850468Xe012>

McGregor, G. R., Bessemoulin, P., Ebi, K., & Menne, B. (2015). *Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development*. Geneva: World Meteorological Organization and World Health Organization. <https://www.who.int/publications/m/item/heatwaves-and-health--guidance-on-warning-system-development>

Ministerio de Salud. (2011). *Resolución 1480/201. Guía para Investigaciones con Seres Humanos*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1480-2011-187206/actualizaci%C3%B3n>

Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. (2018). *Argentina Urbana. Plan estratégico territorial*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. Recuperado el 01 de 02 de 2022, de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/argentina\\_urbana\\_2018.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/argentina_urbana_2018.pdf)

Organización Mundial de la Salud. (2018). *The 1.5 Health Report. Synthesis on Health & Climate Science In the IPCC SR1.5*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. [https://www.who.int/globalchange/181008\\_the\\_1\\_5\\_healthreport.pdf](https://www.who.int/globalchange/181008_the_1_5_healthreport.pdf)

Organización Panamericana de la Salud. (03 de 02 de 2022). *Salud Urbana*. <https://www.paho.org/es/temas/salud-urbana>

Organización Panamericana de la Salud. (1995). *Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud - 10a. revisión*. Washington D.C.: OPS. <https://ais.paho.org/classifications/chapters/pdf/volume1.pdf>

Organización Panamericana de la Salud. (2011). *Estrategia y Plan de Acción sobre Salud Urbana*. Washington, D.C: 51° Consejo Directivo. 63° sesión del Comité Regional. Recuperado el 03 de 02 de 2022, de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2011/CD51-5-s.pdf>

Rusticucci, M., Kyselý, J., Almeira, G., & Lhotka, O. (2016). Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. *Theor Appl Climatol*, 679–689. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1445-7>

Servicio Meteorológico Nacional. (01 de 02 de 2025). Obtenido de <https://www.smn.gob.ar/estadisticas>

Son, J. Y., Gouveia, N., Bravoa, M. A., de Freitas, C. U., & Bell, M. L. (2016). The impact of temperature on mortality in a subtropical city: Effects of cold, heat, and heat waves in São Paulo, Brazil. *International Journal of Biometeorology*, 60(1), 113–121. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1009-7>.

Thompson, R., Hornigold, R., Page, L., & Waite, T. (2018). Associations between high ambient temperatures and heat waves with mental health outcomes: a systematic review. *Public health*, 161, 171–191. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.06.008>

Verón GL, Manjon AA, Arévalo L, Santiago J, Vazquez-Levin MH. (2024) Impact of heat waves on semen quality: A retrospective study in Argentina between 2005 and 2023. *The Science of the total environment*, 943:173813. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173813>

Wang XY, Guo Y, FitzGerald G, Aitken P, Tippett V, Chen D, Wang, X., Tong, S. (2015) The Impacts of Heatwaves on Mortality Differ with Different Study Periods: A Multi-City Time Series Investigation. *PloS ONE*, 10(7):e0134233. 10.1371/journal.pone.0134233

## Sobre los autores

**Francisco Chesini.** Es Licenciado en Salud Ambiental por la Universidad Nacional de Entre Ríos, Especialista en Ingeniería Sanitaria por la Universidad de Buenos Aires y Magíster en Salud Pública por la misma universidad.

Es docente de la Universidad Nacional de José C. Paz, miembro de la Sociedad Iberoamericana de Salud Ambiental (SIBSA) y del Laboratorio Interdisciplinario de Clima y Salud (LIECS). Su campo de investigación es la relación entre el clima y la salud, con énfasis en los efectos en la mortalidad de las temperaturas extremas.

**Matilde Rusticucci.** Es profesora emérita de la Universidad de Buenos Aires (UBA), investigadora principal del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y ex directora del Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la UBA. Su principal especialidad son las Ciencias de la Atmósfera, los eventos extremos de variabilidad climática y el Cambio Climático. Participó en los Informes de Evaluación 4º, 5º y 6º del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) como autora principal coordinadora, autora principal y revisora, respectivamente. Es miembro de numerosos equipos de expertos de la Organización Meteorológica Mundial y de un grupo consultivo de la Organización Mundial de la Salud. También es miembro designado de la Academia Argentina de Ciencias Ambientales

## Anexo I

	OC					Rezagos														
						1 días				2 días				3 días				4 días		
	RR*	IC inf. <sup>†</sup>	IC sup. <sup>‡</sup>	Sign. §	RR	IC inf.	IC sup.	sign.	RR	IC inf.	IC sup.	sign.	RR	IC inf.	IC sup.	sign.	RR	IC inf.	IC sup.	sign.
<b>CENTRO</b>																				
<b>CABA</b>	1.06	1.03	1.09	p<0.001	1.08	1.06	1.11	p<0.001	1.08	1.05	1.1	p<0.001	1.07	1.04	1.09	p<0.001	1.05	1.02	1.07	p<0.001
<b>Córdoba</b>	1.05	0.97	1.13	-	1.12	1.05	1.2	p<0.01	1.13	1.06	1.21	p<0.001	1.12	1.05	1.21	p<0.001	1.07	1	1.15	-
<b>Paraná</b>	1.13	1.03	1.25	p<0.05	1.17	1.07	1.29	p<0.001	1.13	1.03	1.24	p<0.01	1.15	1.05	1.26	p<0.01	1.1	1	1.21	p<0.05
<b>Rosario</b>	1.13	1.07	1.19	p<0.001	1.14	1.09	1.2	p<0.001	1.11	1.06	1.17	p<0.001	1.12	1.08	1.18	p<0.001	1.11	1.06	1.16	p<0.001
<b>CUYO</b>																				
<b>Mendoza</b>	1.11	1.05	1.17	p<0.001	1.13	1.08	1.2	p<0.001	1.13	1.08	1.2	p<0.001	1.1	1.05	1.16	p<0.001	1.12	1.07	1.18	p<0.001
<b>San Juan</b>	1.06	0.97	1.15	-	1.05	0.99	1.11	-	1.05	1	1.11	-	1.07	1.01	1.12	p<0.05	1.04	0.99	1.1	-
<b>San Luis</b>	1.07	0.99	1.16	-	1.06	0.98	1.15	-	1.06	0.98	1.15	-	1.11	1.03	1.2	p<0.01	1.12	1.03	1.21	p<0.01
<b>PATAGONIA</b>																				
<b>Bariloche</b>	0.94	0.71	1.24	-	1.01	0.77	1.31	-	0.96	0.74	1.26	-	0.85	0.64	1.12	-	0.79	0.59	1.05	-
<b>Comodoro Rivadavia</b>	1.11	0.91	1.36	-	1.03	0.83	1.27	-	1	0.81	1.24	-	0.94	0.76	1.18	-	0.96	0.77	1.19	-
<b>Neuquén</b>	1.06	0.94	1.19	-	1.1	0.98	1.23	-	1.07	0.96	1.2	-	1.08	0.97	1.2	-	1.09	0.97	1.21	-
<b>Santa Rosa</b>	1.16	0.99	1.36	-	1.09	0.93	1.28	-	1	0.85	1.19	-	0.97	0.82	1.15	-	0.98	0.82	1.16	-
<b>NEA</b>																				

## Anexo II. Varones

	OC				Rezagos															
					1 días				2 días				3 días				4 días			
	RR*	IC inf. <sup>†</sup>	IC sup. <sup>‡</sup>	Sign. §	RR	IC inf.	IC sup.	sign.	RR	IC inf.	IC sup.	sign.	RR	IC inf.	IC sup.	sign.	RR	IC inf.	IC sup.	sign.
CENTRO																				
CABA	1.04	1.01	1.08	p<0.05	1.05	1.01	1.08	p<0.01	1.04	1.01	1.07	p<0.05	1.04	1.01	1.08	p<0.01	1.04	1.01	1.07	p<0.05
Córdoba	1.05	0.95	1.16	-	1.07	0.97	1.18	-	1.13	1.02	1.24	p<0.05	1.12	1.02	1.23	p<0.05	1.09	0.99	1.20	-
Paraná	1.14	1.01	1.29	p<0.05	1.22	1.08	1.38	p<0.01	1.19	1.06	1.35	p<0.01	1.13	1.00	1.28	-	1.07	0.94	1.22	-
Rosario	1.11	1.04	1.19	p<0.01	1.15	1.07	1.23	p<0.001	1.07	1.01	1.15	p<0.05	1.07	1.00	1.14	p<0.05	1.07	1.00	1.14	p<0.05
CUYO																				
Mendoza	1.15	1.07	1.23	p<0.001	1.16	1.08	1.25	p<0.001	1.14	1.06	1.22	p<0.001	1.08	1.00	1.16	p<0.05	1.09	1.01	1.17	p<0.05
San Juan	1.07	0.96	1.20	-	1.04	0.96	1.12	-	1.07	0.99	1.15	-	1.07	1.00	1.15	-	1.02	0.95	1.10	-
San Luis	1.07	0.96	1.19	-	1.06	0.95	1.18	-	1.07	0.96	1.19	-	1.10	0.98	1.22	-	1.11	0.99	1.23	-
PATAGONIA																				
Bariloche	1.04	0.73	1.47	-	1.06	0.76	1.50	-	1.03	0.73	1.46	-	0.99	0.70	1.41	-	0.99	0.70	1.41	-
Comodoro Rivadavia	1.15	0.88	1.51	-	1.04	0.78	1.39	-	0.95	0.71	1.28	-	0.95	0.70	1.28	-	0.94	0.70	1.27	-
Neuquén	1.05	0.90	1.21	-	1.08	0.94	1.26	-	1.10	0.95	1.27	-	1.01	0.87	1.18	-	1.05	0.91	1.22	-
Santa Rosa	1.21	0.97	1.50	-	1.02	0.81	1.29	-	0.99	0.78	1.26	-	0.98	0.77	1.24	-	1.03	0.82	1.31	-
NEA																				
Corrientes	1.15	1.01	1.30	p<0.05	1.10	0.97	1.25	-	1.06	0.94	1.21	-	1.02	0.89	1.16	-	1.03	0.91	1.17	-
Formosa	1.00	0.86	1.17	-	0.96	0.82	1.12	-	1.07	0.92	1.24	-	1.06	0.91	1.23	-	1.05	0.90	1.22	-
Posadas	1.07	0.95	1.21	-	1.09	0.97	1.22	-	1.11	1.00	1.23	-	1.13	1.02	1.25	p<0.05	1.16	1.05	1.28	p<0.01

## Anexo III

	OC			Rezagos																	
	RR*	IC inf. <sup>†</sup>	IC sup. <sup>‡</sup>	1 días				2 días				3 días				4 días					
				Sign. §	RR	IC inf.	IC sup.	Sign.													
<b>CENTRO</b>																					
CABA	1.09	1.05	1.13	p<0.001	1.12	1.08	1.16	p<0.001	1.10	1.07	1.14	p<0.001	1.08	1.05	1.11	p<0.001	1.05	1.02	1.09	p<0.01	
Córdoba	1.06	0.96	1.17	-	1.18	1.07	1.29	p<0.001	1.14	1.04	1.25	p<0.01	1.13	1.03	1.24	p<0.05	1.05	0.95	1.15	-	
Paraná	1.18	1.03	1.35	p<0.05	1.15	1.01	1.32	p<0.05	1.09	0.96	1.25	-	1.20	1.06	1.36	p<0.01	1.17	1.03	1.33	p<0.05	
Rosario	1.17	1.10	1.25	p<0.001	1.17	1.09	1.24	p<0.001	1.18	1.11	1.26	p<0.001	1.21	1.13	1.28	p<0.001	1.17	1.10	1.24	p<0.001	
CUYO																					
Mendoza	1.12	1.04	1.20	p<0.01	1.14	1.07	1.23	p<0.001	1.16	1.09	1.25	p<0.001	1.16	1.08	1.24	p<0.001	1.18	1.10	1.26	p<0.001	
San Juan	1.05	0.94	1.18	-	1.06	0.98	1.15	-	1.04	0.97	1.12	-	1.06	0.98	1.14	-	1.06	0.99	1.14	-	
San Luis	1.08	0.97	1.21	-	1.08	0.97	1.21	-	1.07	0.96	1.20	-	1.14	1.03	1.28	p<0.05	1.15	1.03	1.28	p<0.05	
<b>PATAGONIA</b>																					
Bariloche	0.82	0.55	1.22	-	0.92	0.63	1.35	-	0.89	0.60	1.31	-	0.70	0.45	1.08	-	0.57	0.35	0.92	p<0.05	
Comodoro Rivadavia	1.11	0.81	1.53	-	1.05	0.76	1.45	-	1.09	0.79	1.50	-	0.94	0.67	1.32	-	0.97	0.69	1.35	-	
Neuquén	1.07	0.90	1.26	-	1.10	0.93	1.29	-	1.04	0.88	1.22	-	1.14	0.97	1.33	-	1.10	0.94	1.29	-	
Santa Rosa	1.08	0.84	1.39	-	1.16	0.91	1.47	-	1.03	0.81	1.32	-	1.00	0.78	1.28	-	0.97	0.76	1.25	-	
<b>NEA</b>																					
Corrientes	1.04	0.91	1.19	-	0.99	0.86	1.13	-	0.99	0.87	1.14	-	0.98	0.85	1.12	-	1.04	0.91	1.18	-	
Formosa	1.04	0.86	1.24	-	1.04	0.87	1.25	-	1.13	0.95	1.34	-	1.08	0.91	1.29	-	1.11	0.93	1.32	-	
Posadas	1.17	1.05	1.30	p<0.01	1.20	1.08	1.33	p<0.001	1.21	1.09	1.34	p<0.001	1.15	1.03	1.28	p<0.05	1.13	1.02	1.26	p<0.05	
Resistencia	0.99	0.87	1.13	-	1.10	0.97	1.25	-	1.08	0.95	1.22	-	1.09	0.96	1.24	-	1.03	0.91	1.17	-	
<b>NOA</b>																					
Catamarca	1.08	0.92	1.27	-	1.07	0.91	1.25	-	1.05	0.90	1.23	-	1.08	0.92	1.26	-	1.13	0.96	1.31	-	

## Anexo IV

	OC			Sign. §	Rezagos															
					1 días				2 días				3 días				4 días			
	RR*	IC inf.†	IC sup.‡		RR	IC inf.	IC sup.	Sign.	RR	IC inf.	IC sup.	Sign.	RR	IC inf.	IC sup.	Sign.	RR	IC inf.	IC sup.	Sign.
<b>CENTRO</b>																				
<b>CABA</b>	1.08	1.03	1.13	p<0.001	1.08	1.04	1.13	p<0.001	1.06	1.02	1.11	p<0.01	1.05	1.01	1.09	p<0.05	1.02	0.98	1.06	-
<b>Córdoba</b>	1.04	0.92	1.18	-	1.04	0.92	1.18	-	1.06	0.94	1.20	-	1.10	0.98	1.24	-	1.02	0.90	1.15	-
<b>Paraná</b>	1.11	0.94	1.30	-	1.15	0.98	1.35	-	1.10	0.94	1.30	-	1.15	0.98	1.35	-	1.08	0.91	1.27	-
<b>Rosario</b>	1.13	1.04	1.23	p<0.01	1.12	1.03	1.22	p<0.01	1.05	0.96	1.15	-	1.05	0.96	1.15	-	1.08	0.99	1.18	-
<b>CUYO</b>																				
<b>Mendoza</b>	1.15	1.04	1.27	p<0.01	1.12	1.01	1.23	p<0.05	1.07	0.97	1.19	-	1.06	0.95	1.17	-	1.04	0.93	1.15	-
<b>San Juan</b>	1.01	0.87	1.16	-	1.03	0.93	1.13	-	1.03	0.93	1.13	-	1.01	0.92	1.12	-	0.97	0.88	1.08	-
<b>San Luis</b>	1.02	0.90	1.16	-	0.99	0.87	1.13	-	1.04	0.91	1.18	-	1.04	0.92	1.19	-	1.03	0.91	1.18	-
<b>PATAGONIA</b>																				
<b>Bariloche</b>	0.94	0.59	1.50	-	0.89	0.55	1.44	-	1.10	0.71	1.70	-	1.15	0.76	1.76	-	1.15	0.76	1.76	-
<b>Comodoro Rivadavia</b>	1.45	1.06	2.00	p<0.05	1.37	0.99	1.90	-	1.14	0.80	1.63	-	1.14	0.80	1.62	-	1.03	0.71	1.49	-
<b>Neuquén</b>	0.98	0.80	1.20	-	0.89	0.72	1.10	-	1.05	0.87	1.28	-	1.04	0.86	1.26	-	1.22	1.02	1.46	p<0.05
<b>Santa Rosa</b>	0.87	0.60	1.24	-	0.81	0.55	1.17	-	0.81	0.55	1.17	-	0.75	0.51	1.10	-	0.87	0.60	1.25	-
<b>NEA</b>																				
<b>Corrientes</b>	1.04	0.90	1.21	-	1.00	0.86	1.16	-	1.01	0.87	1.17	-	0.87	0.74	1.02	-	0.91	0.78	1.07	-
<b>Formosa</b>	0.86	0.71	1.04	-	0.83	0.68	1.01	-	0.92	0.76	1.10	-	0.99	0.83	1.18	-	1.01	0.85	1.21	-
<b>Posadas</b>	1.09	0.97	1.23	-	1.04	0.92	1.17	-	1.01	0.90	1.14	-	0.98	0.87	1.11	-	1.03	0.91	1.16	-
<b>Resistencia</b>	1.06	0.91	1.22	-	1.11	0.96	1.27	-	1.12	0.97	1.28	-	1.10	0.95	1.26	-	1.09	0.95	1.25	-
<b>NOA</b>																				

## Anexo V

	OC			Rezagos																				
				1 días				2 días				3 días				4 días								
	RR*	IC inf.†	IC sup.‡	Sign. §	RR	IC inf.	IC sup.	Sign.	RR	IC inf.	IC sup.	Sign.	RR	IC inf.	IC sup.	Sign.	RR	IC inf.	IC sup.	Sign.				
<b>CENTRO</b>																								
<b>CABA</b>	1.11	1.06	1.16	p<0.001	1.11	1.06	1.16	p<0.001	1.11	1.07	1.15	p<0.001	1.10	1.05	1.14	p<0.01	1.10	1.06	1.14	p<0.001				
<b>Córdoba</b>	1.07	0.99	1.17	-	1.17	1.08	1.27	p<0.001	1.17	1.08	1.26	p<0.001	1.13	1.05	1.23	p<0.01	1.09	1.00	1.19	p<0.05				
<b>Paraná</b>	1.11	0.99	1.25	-	1.16	1.04	1.30	p<0.01	1.14	1.02	1.27	p<0.05	1.15	1.04	1.28	p<0.01	1.13	1.01	1.26	p<0.05				
<b>Rosario</b>	1.14	1.08	1.21	p<0.001	1.16	1.10	1.23	p<0.001	1.15	1.09	1.21	p<0.001	1.16	1.10	1.22	p<0.001	1.12	1.06	1.18	p<0.001				
<b>CUYO</b>																								
<b>Mendoza</b>	1.09	1.02	1.16	p<0.01	1.14	1.07	1.21	p<0.01	1.16	1.09	1.23	p<0.01	1.12	1.06	1.18	p<0.01	1.15	1.08	1.21	p<0.01				
<b>San Juan</b>	1.09	0.99	1.20	-	1.06	1.00	1.14	-	1.07	1.01	1.14	p<0.05	1.09	1.02	1.16	p<0.01	1.07	1.01	1.14	p<0.05				
<b>San Luis</b>	1.09	0.99	1.20	-	1.10	1.00	1.21	-	1.06	0.96	1.17	-	1.14	1.03	1.25	p<0.01	1.15	1.05	1.27	p<0.01				
<b>PATAGONIA</b>																								
<b>Bariloche</b>	0.97	0.71	1.34	-	1.09	0.81	1.48	-	0.94	0.68	1.29	-	0.75	0.52	1.06	-	0.65	0.45	0.95	p<0.05				
<b>Comodoro Rivadavia</b>	0.92	0.68	1.24	-	0.85	0.63	1.15	-	0.92	0.70	1.22	-	0.85	0.64	1.14	-	0.93	0.70	1.23	-				
<b>Neuquén</b>	1.09	0.95	1.25	-	1.18	1.04	1.35	p<0.05	1.08	0.94	1.23	-	1.09	0.95	1.24	-	1.01	0.88	1.16	-				
<b>Santa Rosa</b>	1.27	1.06	1.51	p<0.01	1.19	1.00	1.43	-	1.08	0.89	1.30	-	1.05	0.87	1.27	-	1.02	0.84	1.24	-				
<b>NEA</b>																								
<b>Corrientes</b>	1.15	1.03	1.29	p<0.05	1.09	0.98	1.23	-	1.05	0.94	1.18	-	1.08	0.97	1.21	-	1.11	0.99	1.24	-				
<b>Formosa</b>	1.14	0.98	1.32	-	1.12	0.97	1.30	-	1.22	1.06	1.41	p<0.01	1.12	0.97	1.30	-	1.11	0.96	1.29	-				
<b>Posadas</b>	1.06	0.94	1.20	-	1.16	1.04	1.29	p<0.01	1.20	1.09	1.33	p<0.01	1.21	1.10	1.33	p<0.01	1.19	1.09	1.31	p<0.01				
<b>Resistencia</b>	1.07	0.96	1.20	-	1.18	1.06	1.31	p<0.01	1.19	1.07	1.32	p<0.01	1.19	1.07	1.32	p<0.01	1.10	0.98	1.23	-				
<b>NOA</b>																								