

## ▶▶ ARTÍCULOS ORIGINALES

### MORTALIDAD ASOCIADA A EVENTOS EXTREMOS DE FRÍO EN ARGENTINA, 2005-2015

#### *Mortality Associated to Extreme Cold Events in Argentina, 2005-2015*

Francisco Chesini<sup>1</sup>, Rosana Abrutzky<sup>2</sup>, Natalia Herrera<sup>3</sup>, María de los Milagros Skansi<sup>3</sup>, Silvia Fontán<sup>4</sup>, Elida Gonzalez Morinigo<sup>3</sup>, Francisco Savoy<sup>5</sup>, Ernesto de Titto<sup>6</sup>

**RESUMEN.** INTRODUCCIÓN: La mortalidad guarda relación con las temperaturas diarias y los eventos extremos. Este estudio buscó analizar los efectos de las bajas temperaturas sobre la mortalidad en las principales ciudades de Argentina en el período 2005-2015. MÉTODOS: Se realizó un estudio de series temporales con modelos aditivos generalizados, modelando la relación entre bajas temperaturas y mortalidad para 21 ciudades de Argentina entre 2005 y 2015. Se analizó la mortalidad general y por grupos de sexo, edad y causa de muerte, en días fríos y días de olas de frío, así como los rezagos de 7 y 14 días posteriores a dichos eventos. RESULTADOS: En los 7 días posteriores a un día frío, el riesgo de muerte aumenta en la mitad de las ciudades entre un 1,04 [IC95%: 1,00-1,08] y un 1,14 [IC95%: 1,06-1,23] según la ciudad. El grupo de 65 años y más es el que muestra mayor impacto, con un incremento de hasta el 1,20 [IC95%: 1,05-1,39]. Las olas de frío se asocian con un aumento más pronunciado en el riesgo de morir en los siguientes 7 días en 8 ciudades (1,05 [IC95%: 1,03-1,08] a 1,30 [IC95%: 1,03-1,65]), y en 10 ciudades en los siguientes 14 días, aunque con valores algo más bajos. CONCLUSIONES: Con diferencias en magnitud y robustez estadística según las ciudades, la población de las áreas urbanas presenta un riesgo aumentado de muerte durante los 7 y 14 días posteriores a un evento de frío extremo.

**PALABRAS CLAVE:** Frío; Frío Extremo; Mortalidad; Cambio Climático; Argentina

**ABSTRACT.** INTRODUCTION: Mortality is associated with daily temperatures and extreme cold events. This study aimed to analyze the effects of low temperatures on mortality in the main urban areas of Argentina during 2005-2015. METHODS: A time-series study with generalized additive models was conducted, modeling the relationship between low temperatures and mortality for 21 cities in Argentina between 2005 and 2015. Total mortality was analyzed as well as mortality by sex, age and cause of death, considering cold days, cold spells and delays of 7 and 14 days after those events. RESULTS: Within a 7-day lag, the risk of death increases for a cold day in half of the cities analyzed between 1.04 [CI95%: 1.00-1.08] and 1.14 [CI95%: 1.06-1.23]. The most vulnerable group was people aged 65 or more years, with increases of up to 1.20 [CI95%: 1.05-1.39]. Cold spells are associated with an increased risk within the subsequent 7 days in 8 cities (1.05 [CI95%: 1.03-1.08] to 1.30 [CI95%: 1.03-1.65]), which increases to 10 cities for the 14-day lag, with slightly lower values. CONCLUSIONS: With differences in magnitude and statistical robustness by cities, the population of most urban areas presents an increased risk of death within 7 and 14 days after an event of extreme cold.

**KEY WORDS:** Cold Temperature; Extreme Cold; Mortality; Climate Change; Argentina

<sup>1</sup> Secretaría de Gobierno de Salud de la Nación, Universidad Metropolitana para la Educación y el Trabajo, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Gino Germani, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Servicio Meteorológico Nacional, Argentina.

<sup>4</sup> Universidad Nacional de La Matanza, Argentina.

<sup>5</sup> Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina.

<sup>6</sup> Universidad ISALUD, Argentina.

**FUENTE DE FINANCIAMIENTO:** Beca "Abraam Sonis", otorgada por la Dirección de Investigación para la Salud, Secretaría de Gobierno de Salud de la Nación, Argentina.

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 de julio de 2019

**FECHA DE ACEPTACIÓN:** 4 de noviembre de 2019

**CORRESPONDENCIA A:** Francisco Chesini  
Correo electrónico: fran.chesini@gmail.com

**RENIS N°:** IS002477

## INTRODUCCIÓN

El bienestar del ser humano está relacionado con la temperatura ambiente y tiene un rango de temperatura óptima, que según la Organización Mundial de la Salud se encuentra entre los 20 y los 27 °C<sup>1</sup>. Los eventos extremos de temperatura, tanto de frío como de calor, generan impactos en la salud de la población, que se reflejan en los registros de hospitalizaciones y de mortalidad. Pese a que en ambos extremos se observan incrementos en los efectos sobre la salud<sup>2-4</sup>, los eventos de altas temperaturas han sido más estudiados que los de bajas temperaturas<sup>5-7</sup>.

Existe evidencia epidemiológica que asocia la mortalidad diaria con la temperatura ambiente registrada durante el/día/s anterior/es. Se observan incrementos en los extremos de temperatura con un patrón de comportamiento en forma de J invertida, V o U<sup>8</sup>. En concordancia, un estudio realizado para las ciudades de Buenos Aires y Rosario encontró que la relación entre la mortalidad y las temperaturas máximas y mínimas presenta un comportamiento en forma de U para ambas urbes<sup>7</sup>.

Estudios realizados en Estados Unidos y en Europa han asociado el descenso de temperatura con incrementos de la mortalidad general no accidental, así como con aumentos en enfermedades cardiovasculares, respiratorias y cerebrovasculares<sup>9-11</sup>. En el caso de las temperaturas bajas, tanto en la literatura como desde la plausibilidad biológica, se reconoce que el efecto sobre la salud se verifica en rezagos más prolongados a partir del momento de la exposición que los relacionados con las temperaturas altas<sup>12</sup>.

No existe un criterio uniforme para definir los eventos extremos de temperatura. Las olas de frío (OF) aparecen en varios estudios como un período de días consecutivos con temperaturas extremas sobre la base de la distribución de frecuencias<sup>8,13</sup>. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de Argentina, a partir de una definición exclusivamente climatológica, considera OF a un período de al menos tres días consecutivos en el cual las temperaturas máximas y mínimas son inferiores al percentil 10 (P10) calculado para los meses de abril a septiembre de 1961-2010<sup>14</sup>.

La evidencia sugiere que los efectos de las OF sobre la salud son más pronunciados en climas templados<sup>9</sup>. La extensa geografía argentina exhibe una gran variedad de climas, por lo que las OF presentan diferentes características (intensidad, duración y frecuencia de ocurrencia) a lo largo y ancho del país<sup>15</sup>. El Cuadro 1 del Anexo electrónico (<http://rasp.ms.gov.ar/rasp/articulos/volumen41/Anexo-Chessini-Cuadro1.pdf>) muestra la cantidad y duración de las OF entre los años 1961 a 2008 y durante el período de estudio, para cada una de las ciudades incluidas en el análisis.

En los últimos 58 años se observó en gran parte del país un aumento en las temperaturas a nivel anual. Junto con este incremento, los días con temperaturas mínimas inferiores al percentil 10 (Tn10p) y temperaturas máximas inferiores al percentil 10 (Tx10p) tendieron a disminuir (con mayor coherencia espacial en el caso de la Tn10p). Sin embargo, en muchas de las localidades analizadas de Argentina estas

tendencias fueron débiles y no significativas<sup>16</sup>. Cabe destacar que en los meses de julio y agosto en general no se observó una disminución en la frecuencia de Tx10p ni de Tn10p, que en algunas localidades incluso han aumentado<sup>17</sup>.

La hipótesis que guió este estudio fue que las bajas temperaturas están asociadas a la mortalidad general y específica para enfermedades cardiovasculares y respiratorias en la República Argentina. Por ello, el objetivo planteado fue analizar y caracterizar los efectos de los eventos extremos de bajas temperaturas sobre la mortalidad en la ciudad más poblada de cada provincia y en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) en el período 2005-2015, considerando como eventos extremos de temperatura las OF y los días fríos (DF, definidos como cada uno de los días con Tn10p y Tx10p simultáneamente).

## MÉTODOS

Se realizó un estudio de tipo descriptivo y ecológico, con un enfoque estadístico de series temporales. Los datos meteorológicos fueron provistos por el SMN, como datos diarios de temperatura mínima, media y máxima (en °C) para cada una de las estaciones correspondientes a las localidades analizadas.

Los datos de mortalidad fueron proporcionados por la Dirección de Estadísticas e Información de Salud, perteneciente a la Secretaría de Gobierno de Salud de la Nación, como registros individuales por caso de muerte. Se accedió a información demográfica (sexo, edad y departamento de deceso) y causa de muerte. No se contó en ningún momento con información que pudiese identificar en modo alguno a los sujetos individualmente. Para su análisis se agruparon en cantidad de casos para cada uno de los días del período.

Se conformaron series de datos diarios, para el semestre frío (abril a septiembre), de variables meteorológicas (temperatura mínima, media y máxima) y de mortalidad para cada una de las localidades seleccionadas, para el período 2005-2015.

Se identificaron los días con Tn10p y aquellos con Tx10p durante el semestre frío para cada localidad, y a partir de la definición del SMN se construyeron las variables de DF, definido como aquel en que coinciden Tn10p y Tx10p, y OF, constituida por tres o más DF consecutivos, y se generaron rezagos de 7 días para los DF y de 7 y 14 días a partir de la finalización de cada OF.

Se analizó la mortalidad diaria excluyendo las causas externas y se construyeron subgrupos por sexo (varón; mujer), por edad (0 a 64 años; 65 años y más, ya que la literatura indica a la edad avanzada como un factor de vulnerabilidad ante factores externos tanto en la morbilidad como en la mortalidad<sup>13,18</sup>) y dos grupos de causas de muerte (cardiovasculares I00-I99 y respiratorias J00-J99 de la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, Décima Revisión - CIE10<sup>19</sup>), que se indican como especialmente correlacionados con las variables meteorológicas<sup>20,21</sup>.

### Modelos estadísticos

Las series temporales se analizaron con modelos aditivos generalizados (GAM, por sus siglas en inglés), que constituyen una extensión de los modelos lineales y permiten relacionar variables de impacto y de resultado, incorporando el efecto de variables concomitantes en forma no lineal. Se seleccionaron los registros correspondientes a los días pertenecientes a los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre de cada año, que conforman el semestre frío en Argentina. En función de la dispersión de los valores para las series de mortalidad, se utilizó una regresión de Quasi Poisson.

La regresión controla para cada ciudad, en primer lugar, las variables temporales (día de la semana, mes) que muestran alguna correlación con el conteo diario de muertes; en el modelo final se incorporan aquellas que muestran correlación estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ), para luego conformarse una fórmula del tipo

$$g(E(Y)) = \beta_0 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots +$$

en la cual  $Y$  es la variable de respuesta,  $g$  es la función que vincula el valor esperado ( $E$ ) de  $Y$  a las variables predictivas, en este caso el logaritmo, y  $x_i$  son las variables predictivas, que pueden o no ser paramétricas dentro del mismo modelo. De esta manera se conforma un modelo final del tipo

modelo <- gam(mort ~ vin + dsem1 + dsem2 + ... + dsemn + mes1 + mes2 + ... + mesn + s(hr) + s(tmed) + s(id), family = quasipoisson)

en el cual *mort* es la variable de resultado (mortalidad total y de cada uno de los grupos), *vin* es la variable independiente (día frío, ola de frío, rezago de ola, etc.), *dsemx* y *mesx* es cada uno de los días de la semana y meses que mostraron previamente una relación significativa con la variable de resultado, y *hr*, *tmed* e *id* son la humedad relativa, la temperatura media del día y el orden del día en los registros, vinculados a través de una función de suavizado.

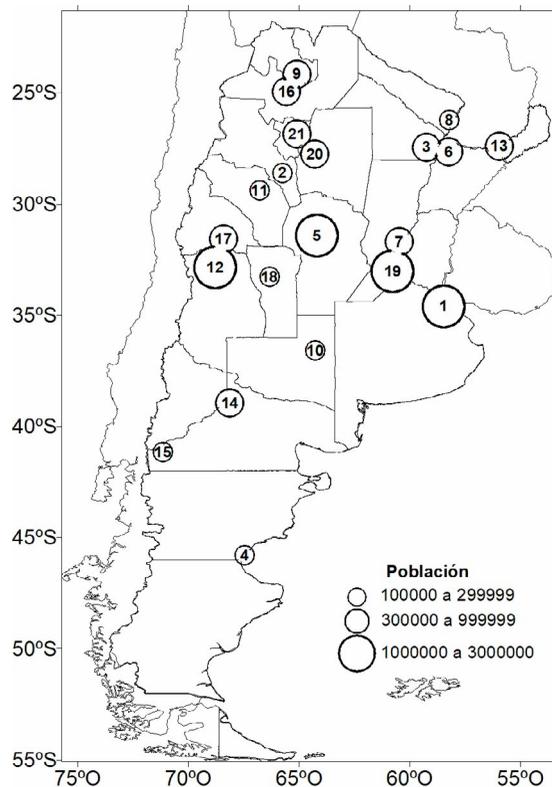
Para el análisis se utilizó el software R versión 3.6.0, paquete MGCV.

Los resultados de los modelos se presentan como riesgo relativo (RR), acompañado por su intervalo de confianza del 95% entre corchetes. Se consideró asociación estadísticamente significativa a aquella con un p-valor  $< 0,05$ .

### Selección de las localidades

En Argentina, 9 de cada 10 personas viven en áreas urbanas de diferentes dimensiones<sup>22</sup>. En este estudio se analizó la mortalidad por bajas temperaturas en 21 ciudades (ver Figura 1). Para obtener resultados que permitiesen describir el fenómeno en el territorio del país, se decidió en primer término analizar una ciudad por provincia y la CABA. Se escogió la ciudad más poblada de la provincia, definida como aquella con mayor cantidad de habitantes a nivel departamento que tuviera en su proximidad una estación meteorológica. En los casos donde la mancha

FIGURA 1. Ciudades argentinas bajo estudio.



1, Ciudad Autónoma de Buenos Aires; 2, San Fernando del Valle de Catamarca; 3, Resistencia; 4, Comodoro Rivadavia; 5, Córdoba; 6, Corrientes; 7, Paraná; 8, Formosa; 9, San Salvador de Jujuy; 10, Santa Rosa; 11, La Rioja; 12, Mendoza; 13, Posadas; 14, Neuquén; 15, Bariloche; 16, Salta; 17, San Juan; 18, San Luis; 19, Rosario; 20, Santiago del Estero; 21, San Miguel de Tucumán. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Argentina.

urbana se extiende a departamentos adyacentes, estos fueron considerados para el registro de la mortalidad. Dado que el conteo de defunciones se encontraba a nivel de departamento, en todos los casos se trabajó con los totales poblacionales para este nivel de desagregación. De este modo, cada unidad de análisis llamada "ciudad" es la sumatoria de las defunciones ocurridas en los departamentos cubiertos por la mancha urbana.

Se excluyeron las provincias de Santa Cruz y Tierra del Fuego, cuyas ciudades más pobladas (Ushuaia y Río Gallegos) registran un muy bajo promedio diario de muertes, lo cual imposibilita el análisis con el diseño elegido. Se excluyó también la provincia de Buenos Aires, que —pese a que alberga una gran cantidad de población en su ciudad capital, La Plata, y en el conurbano de la Capital Federal— no dispone de registros diarios de mortalidad para el período de estudio.

### RESULTADOS

La población en estudio (12 272 546 habitantes) representa más de un tercio del total de la población urbana del país (36 084 953 habitantes). En la Tabla 1 se presenta la población total de cada ciudad, los valores de P10 para

la Tmáx y Tmín, el número de OF y la media de muertes diarias para cada uno de los grupos analizados durante el semestre frío en el período 2005-2015.

En el total de las aglomeraciones urbanas analizadas en el período se registraron 1 631 848 casos de muertes por causas naturales, con promedios diarios que variaron entre 1,7 (Bariloche) y 116,3 (CABA). En el Cuadro 2 del Anexo electrónico (<http://rasp.msal.gov.ar/rasp/articulos/volumen41/Anexo-Chessini-Cuadro2.pdf>) se muestran las principales estadísticas descriptivas de las defunciones.

La mortalidad general presentó asociación con los DF para las ciudades de Formosa y La Rioja; en ambos casos se trató de una asociación negativa (RR=0,87 [0,75-0,99] y RR=0,8 [0,6-1,0], respectivamente). Sin embargo, en la semana siguiente a un DF, la mortalidad general aumentó en 10 de las 21 ciudades analizadas, con impactos diarios que fueron desde RR=1,04 [1,00-1,08] en Mendoza a RR=1,14 [1,06-1,23] en Neuquén (ver Figura 2). Algo similar ocurrió en relación con las OF, en las que para 9 ciudades no se encontró ninguna variación significativa en la mortalidad general, ni específica por sexo o grupo etario durante los días de OF. La mortalidad general se asoció positivamente para Mendoza y Tucumán, y negativamente para Neuquén. En cambio, durante la semana siguiente a una OF, en 8 ciudades se registraron incrementos en la mortalidad general mayores a los del rezago de DF, con RR de entre 1,06 [1,03-1,09] en CABA y 1,30 [1,03-1,64] en

La Pampa. Analizando el rezago de 14 días se observó un riesgo incrementado en 10 de las 21 ciudades, pero con un impacto ligeramente más bajo, con RR de entre 1,05 [1,00-1,11] en Mendoza y 1,26 [1,06-1,50] en Santa Rosa.

La Figura 3 presenta los mapas de variación porcentual del riesgo de morir por todas las causas durante los 7 y 14 días posteriores a una OF, en comparación con el resto de días del semestre frío.

Al igual que en la mortalidad total, los DF no mostraron impacto en el análisis por sexo. Sin embargo, durante la semana posterior a un DF los incrementos en el riesgo fueron disímiles para ambos sexos: en 5 ciudades el riesgo aumentó en varones y mujeres, en 4 solamente en varones y en 3 solamente en mujeres, con RR que fueron desde 1,05 [1,03-1,07] en CABA a 1,17 [1,04-1,31] en San Luis para los primeros y desde 1,05 [1,02-1,07] en CABA a 1,22 [1,10-1,35] en Neuquén para las segundas.

El impacto diferencial por sexo se verificó en Santa Rosa, donde la mortalidad de varones disminuyó ligeramente durante el evento, y en Tucumán, donde el riesgo ascendió a RR=1,23 [1,05-1,46], y no se observó en el resto de las ciudades analizadas. La semana posterior a las OF mostró un aumento del riesgo en 7 ciudades para los varones y en 4 para las mujeres; si se consideran los 14 días posteriores, se observó un impacto en 6 ciudades para cada sexo. Los resultados fueron variables para cada ciudad en cuanto a las diferencias en el RR según sexo y,

TABLA 1. Ciudades bajo estudio, número de olas de frío y principales estadísticos de defunciones (2005-2015).

Ciudad (Provincia)	Población	P10 †	P10 ‡	Nro de OF ‖	Media de muertes diarias durante el semestre frío						
					Total	Varones	Mujeres	0-64 años	65 y más años	Cardiovasculares	Respiratorias
CABA	2 890 151	12,7	4	11	116,3	61,7	54,6	28,8	87,6	39,1	25,5
San Fernando del Valle de Catamarca (Catamarca)	159 703	16,4	1,5	4	3,9	2	1,9	1,2	2,6	1,2	0,7
Resistencia (Chaco)	390 874	16,2	3,6	4	8,6	4,1	4,5	3,3	5,3	1,8	1,2
Comodoro Rivadavia (Chubut)	109 123	7,5	-0,4	8	2,8	1,2	1,6	0,9	1,9	0,7	0,5
Córdoba (Córdoba)	1 329 604	14	2,2	3	33	16,3	16,6	9,5	23,5	14	4,5
Corrientes (Corrientes)	358 223	16,3	5,4	8	7,9	4,1	3,8	3,1	4,8	1,8	1,2
Paraná (Entre Ríos)	339 930	13,4	3,4	5	8,3	4,3	4	2,5	5,8	2,4	1
Formosa (Formosa)	234 354	17	6,7	12	5,6	2,6	3	2,5	3,1	1,4	0,7
San Salvador de Jujuy (Jujuy)	317 880	14,9	3	6	6,2	3,3	2,9	2,4	3,8	1,1	0,8
Santa Rosa (La Pampa)	117 721	10,9	-1,6	3	2,6	1,4	1,3	0,7	1,9	0,9	0,5
La Rioja (La Rioja)	180 995	16	2	6	3,3	1,8	1,5	1,3	2,1	0,8	0,6
Mendoza (Mendoza)	1 086 633	11,7	-0,2	4	22,1	10,8	11,2	5,6	16,5	7,1	2,8
Posadas (Misiones)	324 756	16,9	6,5	12	6,3	3,5	2,9	3,8	2,5	1,6	1
Neuquén (Neuquén)	362 673	9,5	-2,9	2	5,3	2,8	2,5	1,9	3,4	1,2	0,6
Bariloche (Río Negro)	133 500	4,3	-6,1	3	1,7	0,8	0,9	0,5	1,2	0,4	0,1
Salta (Salta)	536 113	13,6	-0,2	2	10,2	4,8	5,4	3,8	6,4	2,4	1,8
San Juan (San Juan)	441 477	13	-1,7	5	10,3	5,1	5,2	3	7,3	2,7	2,3
San Luis (San Luis)	204 019	12,5	1	6	3,6	1,7	1,9	1,1	2,5	1,2	0,6
Rosario (Santa Fe)	1 350 860	13	0,3	3	36,3	17,9	18,4	8,6	27,7	10,9	5,1
Santiago del Estero (Santiago del Estero)	409 404	16,5	0,5	2	8,9	4,2	4,7	3	5,9	2	1,7
San Miguel de Tucumán (Tucumán)	994 553	15	4,3	6	19,8	9,7	10,1	6,3	13,5	4,6	3,6

\*Ciudad Autónoma de Buenos Aires; †percentil 10; ‡ temperatura máxima; § temperatura mínima; ‖ ola de frío.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, Servicio Meteorológico Nacional y Secretaría de Gobierno de Salud de la Nación.

FIGURA 2. Variación porcentual del riesgo de morir durante los días fríos (panel izquierdo) y rezagos de días fríos (panel derecho) en las ciudades argentinas bajo estudio (2005-2015).

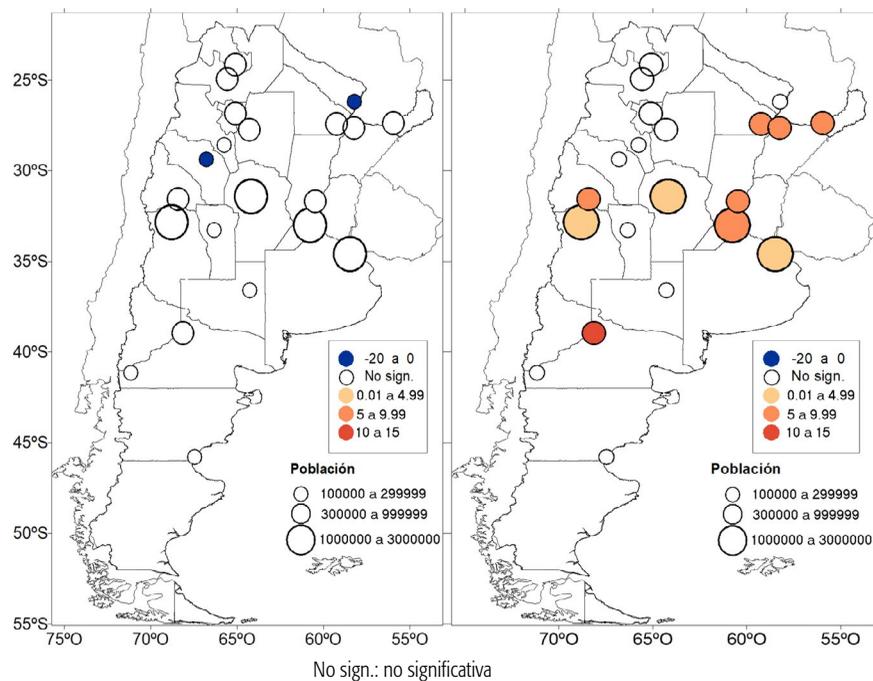
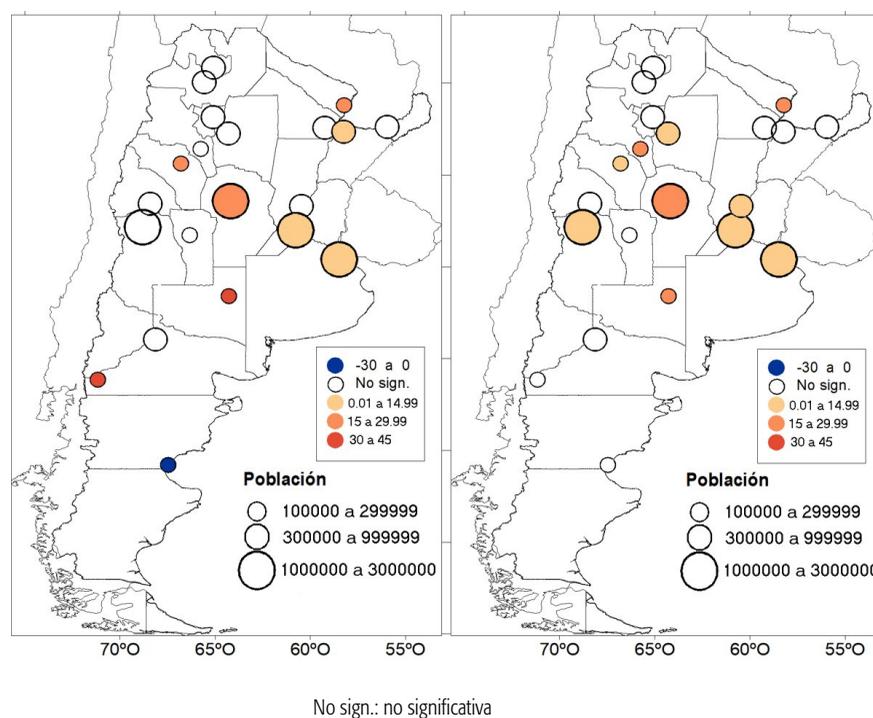


FIGURA 3. Variaciones en el riesgo de morir durante los 7 días (panel izquierdo) y 14 días (panel derecho) posteriores a una ola de frío en ciudades argentinas bajo estudio (2005-2015).



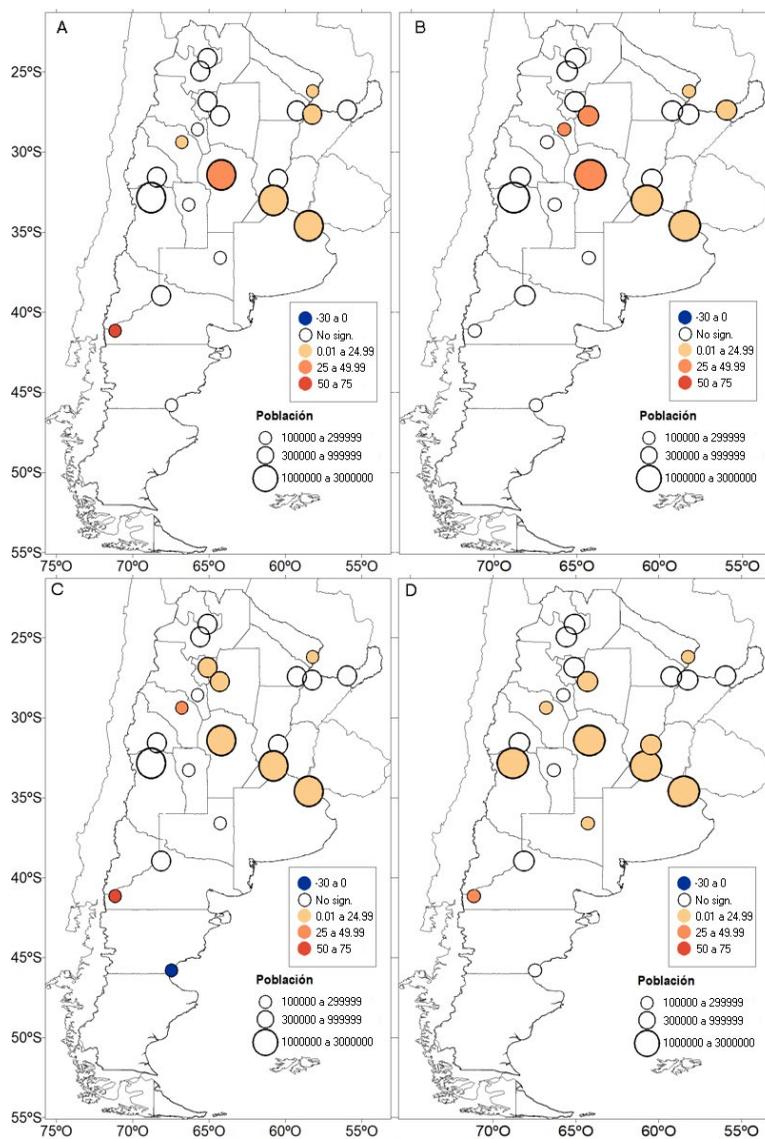
dentro de estos, para cada longitud de rezago.

En cuanto a los grupos de edad, los mayores de 64 años mostraron mayor impacto ante la exposición a los eventos de frío que los de 0 a 64, con un riesgo aumentado para alguna de las variables en 14 de las ciudades analizadas. Durante los DF no se observó asociación. Sin embargo, durante los 7 días posteriores el RR se incrementó para el grupo de mayores (entre  $RR=1,05$  [1,03-1,07] en CABA, Córdoba y Mendoza y  $1,20$  [1,10-1,31] en Neuquén). Las personas de hasta 64 años solamente vieron aumentado su riesgo en el rezago del DF en 4 ciudades, con incrementos menores que oscilaron entre  $RR=1,04$  [1,01-1,07] en CABA y  $1,13$  [1,05-1,21] en Posadas. Durante los 7 días posteriores a las OF la mortalidad en los adultos mayores (65 años y más) se incrementó en 8 ciudades con diferentes

grados de significancia estadística. Entre las ciudades con asociaciones más robustas estuvieron CABA (con  $RR=1,08$  [1,04-1,11]), Córdoba (con  $RR=1,20$  [1,05-1,39]) y Formosa (con  $RR=1,18$  [1,04-1,35]). Bariloche presentó un impacto muy fuerte, con márgenes de error amplios:  $RR=1,62$  [1,18-2,27]. En la Figura 4 se presentan los mapas de variación porcentual del riesgo para los dos grupos con mayores incrementos: varones y adultos mayores.

Finalmente, la mortalidad por causas cardiovasculares disminuyó durante los DF en 4 ciudades, con RR de entre  $0,43$  [0,21-0,90] en Bariloche y  $RR=0,94$  [0,90-0,99] en CABA, pero este efecto protector se invirtió en la semana posterior, en la que en 7 ciudades el riesgo se incrementó con  $RR=1,04$  [1,02-1,07] en CABA a  $RR=1,23$  [1,09-1,40] en San Luis. Las OF, en cambio, no mostraron asociación

**FIGURA 4.** Variación porcentual del riesgo de morir por todas las causas durante los 7 y 14 días posteriores a una ola de frío en Argentina en comparación con el resto de días del semestre frío (2005-2015).



No sign.: no significativa

Panel A) y B) rezago de 7 días y 14 días, respectivamente, en varones.

Panel C) y D) rezago de 7 y 14 días, respectivamente, en adultos mayores de 65 años de ambos sexos

con variaciones en la mortalidad cardiovascular excepto en la ciudad de Salta (RR=1,40 [1,01-1,95]), pero sí durante los días posteriores. En este caso, los RR más altos se registraron durante la primera semana (para 10 ciudades, con valores situados entre RR=1,07 [1,03-1,11] en CABA y RR=1,75 [1,31-3,34] en Santiago del Estero); si bien el impacto se mantuvo hasta el día 14, las pendientes fueron menores.

En cuanto a las causas respiratorias, el riesgo se incrementó en 7 ciudades en la semana posterior a un DF, mientras que el impacto de las OF fue variable, ya que en 2 de las ciudades fue positivo y en 3 de ellas la mortalidad disminuyó durante el evento. De estas últimas, en Neuquén y Salta la asociación negativa presente durante la OF desapareció en los días posteriores, mientras que en La Rioja cambió de signo: durante la OF mostró un RR=0,43 [0,21-0,85], que la semana siguiente aumentó a 1,37 [1,01-1,90]. En Córdoba hubo sólo una OF en el período analizado, sin asociaciones entre OF y los grupos analizados anteriormente. Sin embargo, la mortalidad por causas respiratorias registró un incremento del riesgo con RR=2,11 [1,45-3,07], aumentado en los 14 días posteriores.

## DISCUSIÓN

En un contexto de cambio climático y calentamiento global, se espera que las OF disminuyan progresivamente a medida que la temperatura aumenta. Esto se fue evidenciando en la escasez de OF en los últimos años del período de estudio<sup>16</sup>. Sin embargo, más de la mitad de las ciudades analizadas tienen las OF más duraderas en las últimas dos décadas.

En 20 de las 21 ciudades estudiadas se observan incrementos en los RR para uno o más de los subgrupos analizados durante un evento extremo de frío (DF u OF) o su rezago. San Salvador de Jujuy es la única ciudad en la que no se encuentran asociaciones para ninguno de los grupos ni eventos analizados.

Al evaluar la mortalidad durante los DF y los días de OF no se encuentra un incremento significativo en el riesgo de morir en los primeros (salvo para causas cardiovasculares y respiratorias en una ciudad en cada caso), mientras que en los segundos se observa un incremento en la mortalidad general, por sexo, grupos etarios y causas específicas. Esto pone de manifiesto que la duración del evento puede asociarse con el incremento del riesgo, como ha sido referido en otros estudios<sup>3</sup>.

En concordancia con lo señalado por otros autores<sup>23</sup>, este estudio realizado en 21 ciudades argentinas demuestra que el impacto de las bajas temperaturas sobre la mortalidad se verifica con posterioridad a los eventos de frío, persistiendo durante rezagos de hasta 14 días. Al comparar la mortalidad durante los rezagos de 7 y 14 días de OF, se observa que a mayor rezago aumenta el número de ciudades en las que se incrementa significativamente el riesgo de muerte, en mujeres y en todos los grupos etarios. Si bien es mayor el número de ciudades en el que se verifica una asociación

con la mortalidad en los días posteriores a un DF que a una OF, el impacto de la OF es más alto.

Los adultos de 65 años o más muestran mayores incrementos en el riesgo de morir durante los eventos de frío que las personas de 0 a 64 años. Esto se sustenta en la plausibilidad biológica y coincide con lo observado en estudios previos<sup>3,4</sup>.

No se observan regularidades en cuanto al impacto de las variables consideradas sobre la mortalidad en función de la latitud u otras condiciones geográficas de las ciudades analizadas. Sin embargo, cabe destacar que hay incrementos en el riesgo incluso en ciudades con clima subtropical, como Corrientes, Formosa, Posadas y Resistencia.

Con coeficientes de diversa magnitud, las ciudades de Buenos Aires, Córdoba y Rosario presentan asociaciones más fuertes para mayor cantidad de variables analizadas. Esto no implica necesariamente una relación más estrecha entre las variables en dichas localidades, sino un efecto de la fortaleza estadística, al tratarse de las tres ciudades con mayor cantidad de casos diarios, lo que brinda a los resultados mayor poder estadístico. Santa Rosa y Salta no presentan variación del riesgo durante los DF y su rezago para ningún grupo estudiado, mientras que Resistencia y San Luis son las únicas ciudades en las cuales no se registra cambio del riesgo de morir durante las OF y sus rezagos para ningún grupo. Por otro lado, Bariloche es la ciudad que muestra mayores incrementos en el riesgo durante el rezago de 7 días de las OF para mortalidad general, varones, 65 años y más, y causas cardiovasculares.

Una limitación fue la imposibilidad de incluir todas las ciudades originalmente propuestas, ya que las más pobladas en las provincias de Santa Cruz y Tierra del Fuego (Ushuaia y Río Gallegos) registran un bajo promedio diario de muertes, que no permite el análisis de series temporales contemplado en el diseño del proyecto. Si bien resulta de interés el efecto de las temperaturas bajas en estas ciudades australes del país, deberían adoptarse otros abordajes metodológicos para su estudio. Por otro lado, pese a que la provincia de Buenos Aires concentra una fracción importante de la población del país tanto en su ciudad capital, La Plata, como en los partidos del conurbano bonaerense, no pudo ser incluida porque no dispone de registros diarios de mortalidad durante el período de estudio.

Otra limitación del estudio fue la imposibilidad de controlar factores de confusión. Por un lado, el modelo estadístico adoptado no permitió calcular los riesgos relativos ajustados por estratos, que podrían ser modificadores de efecto. Por otro lado, no fue posible incorporar al análisis otras variables que podrían actuar como confusores; tal es el caso de la contaminación atmosférica, tanto exterior como interior. Esto se debió a la falta de información sistemática para las ciudades bajo estudio.

Se requieren estudios posteriores para determinar las causas de las diferencias encontradas entre las ciudades analizadas en cuanto a efectos de las variables sobre la mortalidad. En la misma línea, sería deseable analizar en

profundidad los eventos de temperaturas extremas individualmente, a fin de caracterizar los impactos según la intensidad, duración y condición meteorológica posterior al evento. Adicionalmente, este análisis de la mortalidad en relación con las bajas temperaturas podría ser enriquecido a la luz de otros determinantes estructurales e intermedios<sup>24</sup>. Surgen nuevos interrogantes a partir de los resultados hallados: ¿qué relación hay entre la mortalidad y las características de las viviendas, sus posibilidades de calefacción adecuada o sus condiciones sanitarias? Se trata de cuestiones que requieren un enfoque metodológico diferente, con un estudio pormenorizado que recupere las prácticas sociales y permita dar cuenta de los factores protectores de la salud que las comunidades han ido desarrollando.

En la República Argentina los eventos extremos de bajas temperaturas plantean un riesgo a la salud, que en el caso de la mortalidad se manifiesta principalmente en días posteriores al evento.

### RELEVANCIA PARA POLÍTICAS E INTERVENCIONES SANITARIAS

El presente estudio revela los impactos sanitarios de las

OF y avanza en la identificación de grupos poblacionales vulnerables, facilitando la implementación de acciones de promoción y protección de la salud. Los resultados obtenidos en este trabajo podrían sustentar el desarrollo de un sistema de alerta temprana por OF y salud, de similares características al que existe para olas de calor. El hecho de que el SMN forme parte del proyecto garantiza la transferencia de los resultados a un sistema de alcance nacional. Asimismo, los hallazgos aquí presentados pueden servir para diseñar políticas de promoción y protección de la salud y comunicación de riesgos durante OF.

### RELEVANCIA PARA LA INVESTIGACIÓN EN SALUD

El presente trabajo integra un conjunto de investigaciones tendientes a mejorar el conocimiento del vínculo entre clima y salud, que aspira a enriquecerse con el trabajo colaborativo entre distintas disciplinas, instituciones y equipos.

### AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Estadísticas e Información en Salud del Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la Nación y al Servicio Meteorológico Nacional por proveer los datos analizados en el presente estudio.

**DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES:** No hubo conflicto de intereses durante la realización del estudio.

**Cómo citar este artículo:** Chesini F, Abrutzky R, Herrera N, Skansi M, Fontan S, Morinigo E y col. Mortalidad asociada a eventos extremos de frío en Argentina, 2005-2015. *Rev Argent Salud Pública*, 2019; 10(41): 28-36.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Organización Mundial de la Salud. Problemas de salud relacionados con el trabajo en condiciones de sobrecarga térmica. *Serie de Informes Técnicos*. N° 412. Ginebra. 1969.
- Carmona Alférez R, Díaz Jiménez J, León Gómez I, Luna Rico Y, Mirón Pérez IJ, Ortiz Burgos C, et al. *Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el periodo 2000-2009*. Comparación con la mortalidad atribuible al calor. Madrid: Instituto de Salud Carlos III; 2016. [Disponible en <http://gesdoc.isciii.es/gesdoccontroller?action=download&id=10/03/2016-db8fa07be3>] [Último acceso: 4/12/2019]
- Anderson BG, Bell M. Weather-Related Mortality. How Heat, Cold, and Heat Waves Affect Mortality in the United States. *Epidemiology*. 2009;20(2):205-213. doi: 10.1097/EDE.0b013e318190ee08.
- Huynen MM, Martens P, Schram D, Weijenberg MP, Kunst AE. The Impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch Population. *Environ Health Perspect*. 2001;109(5):463-470. doi: 10.1289/ehp.01109463
- Chesini F, Abrutzky R, de Titto EH. Mortalidad por olas de calor en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina (2005-2015). *Cadernos de Saúde Pública*. 2019;35(9):1-11 [Disponible en: [http://cadernos.enp.fiocruz.br/csp/public\\_site/arquivo/1678-4464-csp-35-09-e00165218.pdf](http://cadernos.enp.fiocruz.br/csp/public_site/arquivo/1678-4464-csp-35-09-e00165218.pdf)] [Último acceso: 4/12/2019]
- Chesini F, Herrera N, Skansi MM, Gonzalez Morinigo C, Fontán S, Savoy F, et al. Análisis de la mortalidad durante las olas de calor del verano 2013-2014 en la República Argentina. *XII Congreso Argentino de Meteorología*. 2018. [Disponible en: [http://cenamet.org.ar/congremet/wp-content/uploads/2018/11/T0105\\_CHEFINI.pdf](http://cenamet.org.ar/congremet/wp-content/uploads/2018/11/T0105_CHEFINI.pdf)] [Último acceso: 14/11/2019]
- Almeira G, Rusticucci M, Suaya M. Relación entre mortalidad y temperaturas extremas en Buenos Aires y Rosario. *Meteorológica*. 2016;41(2):65-79. [Disponible en: [http://www.meteorologica.org.ar/wp-content/uploads/2017/03/Almeira\\_Vol42N2.pdf](http://www.meteorologica.org.ar/wp-content/uploads/2017/03/Almeira_Vol42N2.pdf)] [Último acceso: 4/12/2019]

- Ryti NRI, Guo Y, Jaakkola JJ. Global Association of Cold Spells and Adverse Health Effects: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Persp*. 2016;124(1):12-22. doi: 10.3390/ijerph13121225
- Aalitis A, Katsouyanni K, Biggeri A, Baccini M, Forsberg B, Bisanti L. Effects of Cold Weather on Mortality: Results from 15 European Cities within the PHEWE Project. *Am J Epidemiol*. 2008;168:1397-1408. doi: 10.1093/aje/kwn266
- Bhaskaran K, Hajat S, Haines A, Herrett E, Wilkinson P, Smeeth L. Effects of Ambient Temperature on the Incidence of Myocardial Infarction. *Heart*. 2009;95:1760-1769. doi: 10.1136/hrt.2009.175000
- Keatinge WR, Donaldson GC. Winter Mortality in Elderly People in Britain. *British Medical Journal*. 2004;329:976. doi:10.1136/bmj.329.7472.976
- Armstrong B. Models for the Relationship between Ambient Temperature and Daily Mortality. *Epidemiology*. 2006;17:624-631. doi:10.1097/01.ede.0000239732.50999.8f
- Wang L, Liu T, Hu M, Zeng W, Zhang Y, Rutherford S, et al. The Impact of Cold Spells on Mortality and Effect Modification by Cold Spell Characteristics. *Sci Rep*. 2016;6:38380. doi: 10.1038/srep38380.
- Servicio Meteorológico Nacional. *Estadísticas de largo plazo*. [Disponible en: <https://www.smn.gov.ar/estadisticas/>] [Último acceso: 14/11/2019]
- Servicio Meteorológico Nacional. *Tendencias Observadas en Argentina (1961-2018)*. [Disponible en: <https://www.smn.gov.ar/clima/tendencias/>] [Último acceso: 14/11/2019]
- Skansi MM, Brunet M, Sigró J, Aguilar E, Arevalo Groening JA, Bentancur OJ, et al. Warming and Wetting Signals Emerging from Analysis of Changes in Climate Extreme Indices over South America. *Global and Planetary Change*. 2013;100:295-307. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.11.004>
- Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur. *Tendencias de índices de extremos climáticos*. [Disponible en: <http://www.crc-sas.org/es/cli>]

matologia\_extremos\_climaticos.php][Último acceso: 14/11/2019]

<sup>18</sup> Song X, Wang S, Hu Y, Yue M, Zhang T, Liu Y, et al. Impact of Ambient Temperature on Morbidity and Mortality: An overview of Reviews. *Science of the Total Environment*. 2017;586:241-254. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.01.212

<sup>19</sup> Organización Panamericana de la Salud. *Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, Décima Revisión*. Washington DC. 1992. [Disponible en <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/6282/Volume1.pdf>][Último acceso:5/12/2019]

<sup>20</sup> Han J, Liu S, Zhang J, Zhou L, Fang Q, Zhang J. The Impact of Temperature Extremes on Mortality: A Time-Series Study in Jinan, China. *BMJ Open*. 2017;7(4). doi: 10.1136/bmjopen-2016-014741.

<sup>21</sup> Song X, Wang S, Li T, Tian J, Ding G, Wang J, et al. The Impact of Heat Wa-

ves and Cold Spells on Respiratory Emergency Department Visits in Beijing, China. *Science of the Total Environment*. 2018;615:1499-1505. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.108

<sup>22</sup> Instituto Nacional de Estadística y Censos. *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*. [Disponible en: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>] [Último acceso: 4/12/2019]

<sup>23</sup> Bao J, Wang Z, Yu C, Li X. The Influence of Temperature on Mortality and its Lag Effect: A Study in Four Chinese Cities with Different Latitudes. *BMC Public Health*. 2016;16:375. doi: 10.1186/s12889-016-3031-z

<sup>24</sup> Moiso A. Determinantes de la salud. En: Barragán H, et al. *Fundamentos de Salud Pública*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata; 2007.



Esta obra está bajo una licencia de *Creative Commons* Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Reconocimiento – Permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra. A cambio se debe reconocer y citar al autor original. No comercial – esta obra no puede ser utilizada con finalidades comerciales, a menos que se obtenga el permiso.