

## RELACION ENTRE MORTALIDAD Y TEMPERATURAS EXTREMAS EN BUENOS AIRES Y ROSARIO

Gustavo Almeira<sup>1,5</sup>, Matilde Rusticucci<sup>2,3</sup>, Martina Suaya<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional del Agua, Ezeiza, Argentina.

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup> Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires, Argentina.

<sup>5</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

(Manuscrito recibido el 9 de octubre de 2015, en su versión final el 28 de marzo de 2016)

### RESUMEN

En este trabajo se examinan las relaciones entre las temperaturas extremas y la mortalidad en verano en las ciudades de Buenos Aires y Rosario para el establecimiento de un alerta de olas de calor con aplicación a la salud. Se encuentra que en ambas ciudades existe una relación tipo U entre la mortalidad y las temperaturas máximas, mínimas y aparentes diarias entre los años 2001/2012. De esta manera se muestra que la población porteña y rosarina es susceptible a la ocurrencia de periodos de altas temperaturas. Mediante el análisis de las olas de calor con afectación en la mortalidad vemos que los hombres y mujeres son afectados por exceso de calor en igual proporción relativa a su población parcial y los adultos mayores a 65 años acaparan entre el 70-80 % de los fallecidos. Para ayudar desde la meteorología a la salud, se desarrollaron Sistemas de Alerta de Olas de Calor y Salud en ambas ciudades, y operados por el Servicio Meteorológico Nacional. Los mismos tienen el objetivo de anticipar a la población situaciones meteorológicas extremas y sus posibles efectos en salud, para que la misma aumente los recaudos frente a las olas de calor.

*Palabras clave:* Olas de calor, mortalidad, Sistema de Alerta, Buenos Aires, Rosario

## RELATIONSHIP BETWEEN MORTALITY AND EXTREME TEMPERATURES IN BUENOS AIRES AND ROSARIO

### ABSTRACT

In this paper the associations between summer heat waves and mortality in Buenos Aires and Rosario is studied. Both cities have an 'U' relationship between daily mortality and maximum, minimum and apparent temperatures over the 2001-2012 period. The population over both cities is susceptible to extreme high temperatures. Men and women are equally affected, but people over 65 represent 70-80 % by analyzing heat waves. Alert systems were implemented in both cities through the National Weather Service with the aim of anticipate extreme meteorological situations

to the population.

*Keywords: Heat waves, mortality, alert system, Buenos Aires, Rosario*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las olas de calor o frío son eventos raros que varían en el carácter e impacto aun en una misma localidad. Para el estudio de olas de calor o de frío se necesita previamente una definición de las mismas, no existiendo una definición universal aceptable (Perkins and Alexander, 2013). Los componentes esenciales de una definición de una ola de calor debe incluir la presencia de altas temperaturas en un área de interés y también una componente de duración o persistencia. Una ola de calor es una exposición sostenida a altas temperaturas durante varios días.

La ola de calor puede ser definida basándose en la superación de umbrales de distintas variables meteorológicas o combinación de ambas, que pueden incluir las temperaturas máximas y mínimas, parámetros de humedad o acumulación de horas de calor, entre otras (Páldy A. et al, 2005; Jendritzky G. et al, 2010; Thiele-Eich In. et al, 2010). Los umbrales mencionados de temperaturas varían de una población a otra y se supone que es una función de la adaptación de la población al clima local.

Los estudios de olas de calor en zonas urbanas muestran una asociación entre un aumento en calor y un aumento en la mortalidad, medidas con temperaturas máximas o mínimas, índices de calor o masas de aire, presentando las relaciones entre mortalidad y temperatura en climas templados una forma de 'U' o 'V' y en climas cálidos forma de 'J' (Honda et al, 2013; Martínez Navarro F. et al, 2004 y Días Jiménez J et al, 2005).

Un ejemplo de ola de calor que afectó a la población seriamente, fue la producida en Chicago en 1995 con una duración de 5 días, con temperaturas máximas que alcanzaron los 40°C, en donde las muertes se incrementaron un

85 % con una prevalencia de hombres fallecidos, de color y mayores a 75 años. Esta situación trajo como experiencia que los esfuerzos de prevención envuelvan a comunidades e individuos (Basu and Samet, 2002 y Páldy A, et al, 2005).

El otro ejemplo muy significativo es la ola de calor ocurrida en Francia en 2003 durante la cual se registraron excesos de 15000 muertos en el mes de agosto (Vandentorren E. et al, 2005; Michelon T et al, 2005 y Fouillet A. et al, 2006), con estimaciones de más de 70000 muertos en exceso en 16 países europeos en el mismo episodio cálido extremo (Robine J. et al, 2007).

En Australia, por ejemplo, se encontró que aumentó la relación entre los muertos en verano versus muertos en invierno de 0.71 a 0.86 de 1968 a 2007, en asociación con el aumento de las temperaturas medias anuales (Bennett C. et al, 2013); siendo los más afectados las personas mayores de 55 años por problemas respiratorios y luego por complicaciones cardiovasculares.

En un ambiente expuesto sostenidamente al calor los grupos poblaciones de mayor edad o infantes incrementan su riesgo de muerte; además de tener una enfermedad preexistente, vivir solo, socialmente aislado, sin hogar, sin acceso a la información de salud y calor, ser inmóvil, sufrir de una enfermedad mental o no ser capaz de realizar el autocuidado (WMO and WHO, 2015). Otros factores son el bajo status socioeconómico, la falta de aire acondicionado y transporte, el uso de tranquilizantes, obesidad excesiva y vivir en los pisos superiores de varias plantas (Martínez Navarro F. et al, 2004 y Fouillet A. et al, 2006).

El medio ambiente urbano, debido a que normalmente tiene índices de calor (combinación de temperatura y humedad) más altos y que retiene más calor durante la noche que las zonas rurales, podría incrementar el riesgo (Lee, 1980).

A medida que la población vaya envejeciendo y la población urbana se incrementa, el impacto de las temperaturas elevadas en la mortalidad podría ser más importante.

En el periodo de 1880 a 2005, por ejemplo, en Europa occidental se ha encontrado que la longitud de las olas de calor del verano se han duplicado y casi se han triplicado la frecuencia de hot days (Della-Marta et al, 2007). En Buenos Aires, la frecuencia de olas de calor extremas, con temperaturas máximas y mínimas por encima de los percentiles 90, se han casi cuadruplicado entre las décadas 1961-70 y 2001-10 (Rusticucci et al, 2015).

Las temperaturas elevadas tienen un lag de 0-3 días en producir el máximo efecto en la mortalidad, demostrando que el calor relacionado con la mortalidad es un evento grave, requiriendo una rápida intervención; utilizando datos de mortalidad en 15 ciudades del noreste de Asia (Chung et al, 2015).

A pesar de que el grupo de mayor vulnerabilidad frente a la ola de calor es el de las personas mayores a 65 años; han fallecido personas jóvenes aparentemente sanas al realizar deporte al aire libre en horas de altas temperaturas durante la ola de calor en Europa en 2003 (Diaz Jimenez y otros, 2005). Se debería informar a la población sobre medidas básicas a seguir ante extremos térmicos y la correcta formación y adecuación de los servicios médicos ante patologías relacionados con las olas de calor y frío y además articular sistemas de alerta in situ ante posibles extremos climáticos.

En varias investigaciones (Basu R. et al., 2002; Michelon T et al, 2005 y Martínez Navarro F. et al, 2004) se hacen varias indicaciones frente a las olas de calor, tales como el monitoreo continuo de las condiciones meteorológicas y creación de Sistemas de Alerta de Calor, un sistema de comunicación inmediata y una red que pone en funcionamiento y coordina a emergencias médicas, hospitales y clínicas, la creación y/o acondicionamiento de salas especiales con aire

acondicionado, disponibilidad de buses especiales y usos de shopping con aire acondicionado los días de la ola de calor y la identificación de los grupos más vulnerables en la población frente a olas de calor (personas de mayor de 70 años, viven solos y/o de menores recursos). Se sugiere dar avisos de calor cuando se superan los distintos umbrales de temperaturas y duración de la misma en tantos días; según la localización y la región. Las políticas deben ser actualizadas e implementadas según los últimos trabajos y hallazgos.

Antes de la intensa ola de calor de 2003, existían pocos sistemas de Alerta de olas de calor en Europa (Lowe et al., 2011). Por ejemplo en Francia se desarrolló el Plan Nacional Francés de Olas de Calor, luego de 2003, que monitorea todo el país (Vandentorren E et al, 2005 y Michelon T. et al, 2005). Este incluye umbrales de índices biometeorológicos, definidos a partir de la mortalidad diaria de los últimos 30 años e indicadores meteorológicos y funciona de junio a agosto de cada año. De los 7 indicadores testeados (relacionados con la temperatura y humedad), las temperaturas máximas y mínimas, juntos y promediados en 3 días consecutivos, tiene la mayor sensibilidad y especificidad y han sido elegidos como índices biometeorológicos. Este sistema pretende informar a la autoridades francesas cuando los niveles de alerta exceden un exceso de mortalidad diaria es mayor al 50 o 100 %, de acuerdo al tamaño de la ciudad y el nivel 2 del sistema es activado cuando el pronóstico de los índices biometeorológicos a 3 días es mayor que los umbrales. En 13 países europeos; tales como Portugal, Francia, Reino Unido, España, Noruega y Holanda; se desarrollaron sistemas de alertas federales, que cubren todo el país, aunque con diferentes umbrales en las distintas ciudades; al igual que en Estados Unidos y Canadá (WMO and WHO, 2015).

Considerando que dos de las principales urbes de nuestro país son las ciudades de Buenos Aires y Rosario, y que no cuentan con un sistema de alerta ante olas de calor, el objetivo de este trabajo es estudiar las relaciones entre periodos

de temperaturas elevadas y mortalidad en Buenos Aires y Gran Rosario, efectos en la salud pública frente a periodos de olas de calor y sentar las bases para la creación de sistemas de Olas de Calor y Salud en ambas ciudades argentinas.

## 2. DATOS Y METODOLOGÍA

En esta investigación se trabajó con datos de mortalidad diaria en el período 2001-2012 en la ciudad de Buenos Aires y 2001-2011 para el Gran Rosario, provistos por el Ministerio de Salud de la Nación. Estos datos se encuentran diferenciados por sexo, datos etarios, causa de defunción y lugar de residencia a paso diario.

La ciudad de Buenos Aires es la sede del gobierno federal, y es llamada Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), posee una población de alrededor de 2.900.000 habitantes según el último censo de 2010, de los cuales son 54 % son mujeres y 46 % hombres. De ahora en adelante llamada Buenos Aires.

El Gran Rosario es el aglomerado urbano que comprende a la ciudad de Rosario propiamente dicha y demás localidades de los departamentos vecinos. El Gran Rosario ocupa un área de aproximadamente 590 km<sup>2</sup>, posee una población de alrededor de 1.450.000 habitantes, según el Censo 2010, y es el tercer conurbano de la Argentina, luego de Gran Buenos Aires y Gran Córdoba, y el primero de Santa Fe. Llamada en adelante Rosario. Los datos meteorológicos utilizados provienen de las estaciones Buenos Aires Observatorio (35°35'S, 58°29'W) y Rosario Aero (32°55'S, 60°47'W) pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional en el periodo 2001 al 2012; representativas de ambas ciudades para relacionar con los datos del sector de salud. Se consideraron en este trabajo las temperaturas máximas, mínimas y rocío diarias.

Además se introdujo la temperatura aparente, que es la temperatura recibida por un individuo, y es una medida del discomfort debido al calor y altos contenidos de humedad utilizada en varios trabajos (Steadman, 1979 y Kalkstein and

Valimont, 1986). Esta temperatura es calculada mediante una combinación de la temperatura y el punto de rocío de acuerdo a la siguiente fórmula

$$T_a = -2,653 + 0,994T_{max} + 0,0153T_{rocío_{max}}^2 \quad (1)$$

En esta investigación se propone utilizar la temperatura aparente máxima, tomando como entrada para su cálculo la temperatura máxima y el rocío máximo diario; como una idea de situarnos en las condiciones de máximo discomfort diario.

Para investigar sobre las relaciones durante olas de calor y la mortalidad en los años considerados en ambas ciudades, se utilizaron las definiciones de olas de calor de Rusticucci et al (2015). En dicho trabajo definen tres tipos de olas de calor, aquellas con una sucesión de 3 o más días con (1) Temperaturas mínimas por encima del Percentil 90, (2) Temperaturas máximas por encima del Percentil 90 y (3) la ocurrencia conjunta de Temperaturas Máximas y Mínimas de sus percentiles 90, calculados sobre un período base 1961-1990.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Relación entre mortalidad y temperaturas

Para las ciudades de Buenos Aires y Rosario se encuentra una relación típica de U entre mortalidad y temperatura máxima y mínima (Figura 1 y 2 respectivamente). Esto indica que existe una susceptibilidad de la población de ambas ciudades a los extremos de temperaturas. Se puede observar que esta susceptibilidad en algún caso es más marcada en los meses de invierno a las temperaturas bajas que en los de verano a las temperaturas altas. Sin embargo, considerando que las tendencias de temperatura que ambas ciudades fueron positivas, (Hartman et al, 2013) y que las proyecciones climáticas muestran aumentos de temperatura, para una mejor adaptación de la salud al clima futuro, el presente trabajo se enfoca en estudiar éste aspecto de la relación. Por otro lado, es muy significativa la relación entre la temperatura y

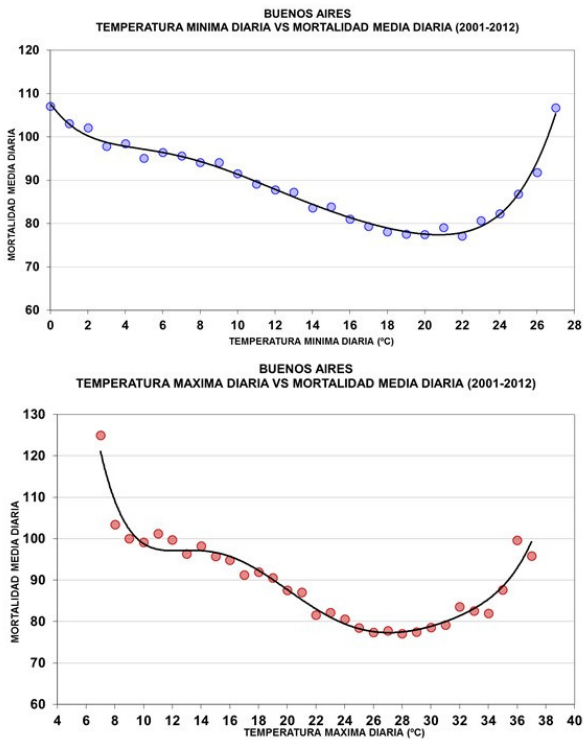


Figura 1: Relación entre temperaturas mínimas y máximas y mortalidad en la ciudad de BuenosAires (ambos sexos).

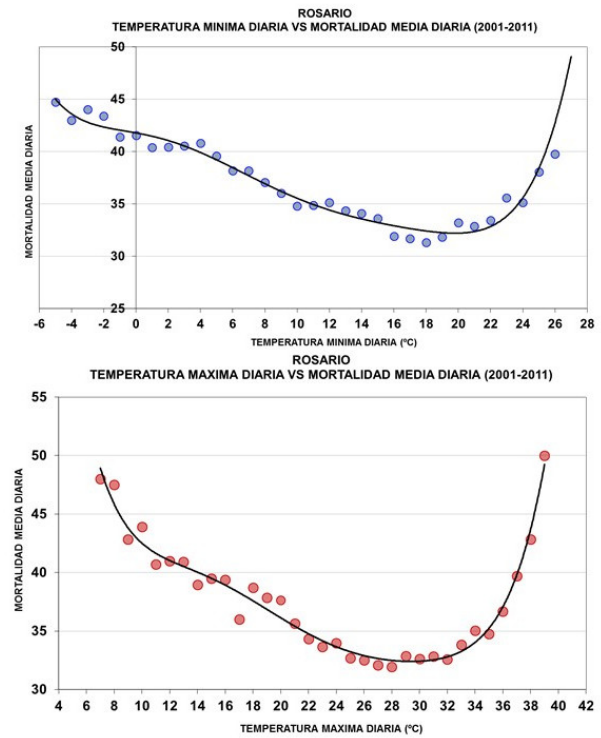


Figura 2: Relación entre temperaturas mínimas y máximas y mortalidad en Gran Rosario(ambos sexos).

mortalidad en la época estival, ya que ocurren máximos diarios más significativos en verano que en invierno, relacionados con extremos cálidos de temperatura.

Examinando los gráficos se pueden inferir diferentes umbrales de temperaturas máximas y mínimas a partir de los cuales hay un claro efecto en el punto de inflexión y abrupto crecimiento de la mortalidad diaria, principalmente en temperaturas altas.

La mortalidad media anual en la ciudad de Buenos Aires es de 86 muertos por día por todas las causas y si se considera solamente el verano (definido como diciembre a marzo) la mortalidad es de 77 muertos, mientras que en invierno (de mayo a agosto) asciende a 97 muertos. (Tabla I). Sin embargo, durante el período estudiado ocurrieron máximos diarios más relevantes en verano que en invierno, con casos de 248 y 176 muertos.

MORTALIDAD	BUENOS AIRES	ROSARIO
<b>MEDIA ANUAL</b>	<b>86</b>	<b>35</b>
<b>MEDIA INVIERNO</b>	<b>97</b>	<b>38</b>
<b>MEDIA VERANO</b>	<b>77</b>	<b>32</b>

Tabla I: Valores medios diarios 2001-2012 de mortalidad en Buenos Aires y Rosario.

En tanto que en la ciudad de Rosario y alrededores hay una mortalidad diaria media anual de 35 muertos, ocurriendo 38 en invierno y de 32 en verano. (Tabla I). Se observa que los valores están muy cercanos entre ellos, aunque en verano se han encontrados episodios de altas temperaturas con 70 fallecidos en un día.

Para finalizar se calcularon las relaciones entre mortalidad de ambos sexos por separado y las temperaturas máximas y mínimas (resultado no mostrado). Aquí se observó que no hay una susceptibilidad marcada significativa o mayor

<b>FECHA</b>	<b>% AUMENTO MORTALIDAD</b>	<b>sexo M</b>	<b>sexo F</b>	<b>&gt;65</b>	<b>sexo M</b>	<b>sexo F</b>
Ene-01	79%	42	57	82	38	61
Ene-05	43%	42	58	77	36	64
Ene-08	35%	43	57	81	39	61
Ene-03	29%	44	56	80	38	62
Ene-04	24%	41	59	80	37	63
Dic-10	21%	42	58	82	38	62
Ene-09	19%	42	58	79	39	61
Nov-08	19%	41	59	82	39	61
Ene-06	18%	45	55	80	41	59
Feb-07	17%	48	53	76	41	59
Dic-07	17%	42	58	78	37	63
Ene-03	24%	45	55	79	40	60

Tabla II: Exceso de mortalidad ocurrido en las principales Olas de Calor en Buenos Aires ordenadas por su exceso (sin corregir por datos poblacionales). Valores totales, y separados por sexo, y por edad, >65: mayores a 65 años totales y separados por sexo.

<b>FECHA</b>	<b>% AUMENTO MORTALIDAD</b>	<b>sexo M</b>	<b>sexo F</b>	<b>&gt;65</b>	<b>sexo M</b>	<b>sexo F</b>
Ene-10	47%	51	49	69	43	57
Ene-08	45%	54	46	71	46	54
Ene-03	48%	59	41	73	56	44
Ene-03	26%	45	55	71	38	62
Ene-01	38%	48	52	65	40	60
Ene-05	53%	49	51	75	41	59
Ene-06	51%	47	53	75	41	59
Feb-07	18%	52	48	73	47	53
Mar-08	27%	47	37	59	51	49
Nov-08	26%	50	50	68	41	59
Dic-08	29%	46	54	69	44	56
Dic-08	40%	49	51	73	46	54
Ene-09	20%	51	49	69	52	48
Ene-09	33%	56	44	63	50	50
Feb-10	31%	53	47	68	42	58
Dic-10	41%	54	46	77	51	49

Tabla III: Exceso de mortalidad ocurrido en las principales Olas de Calor en Rosario ordenadas por su exceso (sin corregir por datos poblacionales). Valores totales, y separados por sexo, y por edad, >65: mayores a 65 años totales y separados por sexo.

afectación al sexo femenino o masculino a los cambios de temperaturas, tanto en invierno como en verano.

### 3.2. Olas de calor y mortalidad

Se analizaron todas las olas de calor ocurridas

en el período estudiado, en cualquiera de sus tres definiciones, se identificaron aquellas olas de calor que manifestaron un efecto en la mortalidad, presentando un exceso de al menos un 17% con respecto a los muertos esperados, o sea al valor medio. En total se seleccionaron 28 olas de calor para las 2 ciudades, con fechas, en general,



coincidentes o próximas en las dos ciudades.

Al analizar las olas de calor en Buenos Aires y su relación con la mortalidad ocurridas en los años de testeo, se nota que las afectaciones varían entre un 20-80 % de exceso de mortalidad durante dichos eventos, esto es que ocurrieron entre un 20 hasta un 80 % más de muertos que lo esperado durante las olas de calor analizadas (Tabla II). En tanto que en Rosario se contabilizaron entre un 20 a 53 % de excesos de muertos en los episodios de stress térmico analizados (Tabla III).

En dichas olas de calor la susceptibilidad es similar en ambos sexos en las 2 ciudades, con un cierto predominio de afectación al sexo femenino en la ciudad de Buenos Aires (43 % vs 57 %).

Al analizar la influencia de la edad, se observa que alrededor del 70-80 % de los fallecidos son personas mayores a los 65 años; encontrando este grupo etario de mayor afectación por el stress térmico en ambas ciudades argentinas.

Y si dentro del grupo de la población mayor a 65 años se clasifica según a qué sexo pertenecen, los mayores afectados son las mujeres sobre los hombres basándose con datos absolutos o crudos. En Buenos Aires las proporciones son de alrededor del 65 % de las mujeres y un 35 % de hombres mientras en Rosario de 55 % y 45 % respectivamente.

Sin embargo al corregir estos datos crudos por la pirámide o estructuras de la población en cada ciudad, se encuentra que prácticamente son afectados los mayores a 65 años sin distinción de sexo en ambas ciudades. Si bien las mujeres son las más afectadas por episodios de stress térmicos, al relativizarlos por la cantidad de mujeres/total de población, prácticamente ambos sexos poseen la misma susceptibilidad. Esto se denomina Índice de Masculinidad, el cual vale alrededor de 0.65 en Buenos Aires y 0.7 en Rosario (hay 7 hombres cada 10 mujeres) en la población mayor de 65 años (censo 2010).

Resumiendo lo anterior, examinando las olas de

	MAXIMA	MINIMA	MEDIA
<b>BUENOS AIRES</b>	<b>44,6°C</b>	<b>13,3°C</b>	<b>29,8°C</b>
<b>ROSARIO</b>	<b>46,5°C</b>	<b>11,6°C</b>	<b>31°C</b>

*Tabla IV:* Valores de Temperatura Aparente registrados en Buenos Aires y Rosario en el período estudiado, para verano.

	MAXIMA	MINIMA	APARENTE
<b>BUENOS AIRES</b>	<b>30°C</b>	<b>22°C</b>	<b>38°C</b>
<b>ROSARIO</b>	<b>32°C</b>	<b>22°C</b>	<b>40°C</b>

*Tabla V:* Umbrales de aumento de la mortalidad para la temperatura máxima, mínima y aparente en Buenos Aires y Rosario.

calor de mayor afectación se concluye que las personas de edad superior a 65 años son las más afectadas y dentro de este grupo etario es el sexo femenino el más susceptible por su mayor proporción en la población. Dichas olas de calor pueden aumentar la mortalidad esperada hasta en un 80 %.

### 3.3. Temperatura aparente y mortalidad

En el caso de la ciudad de Buenos Aires las temperaturas aparentes máximas presentan valores mínimos de alrededor de 13°C, máximo de 44.6°C y medias de 30°C (Tabla IV) y la mortalidad aumenta dramáticamente a partir de los 38°C (Figura 3). En consecuencia los umbrales de aumento de la mortalidad son de 22°C, 30°C y 38°C para la temperatura mínima, máxima y aparente máxima respectivamente (ver Tabla V). La diferencia de 8°C entre la temperatura máxima y la aparente se atribuye a los efectos de los altos contenidos de humedad.

En tanto que en la ciudad de Rosario las temperaturas aparentes son un tanto más elevadas (máxima de 46.5°C y media de 40°C), salvo la mínima (11.6°C) (ver también Tabla IV). Y las cotas para el aumento de la mortalidad en verano son de 22°C, 32°C y 40°C, para las temperaturas mínimas, máximas

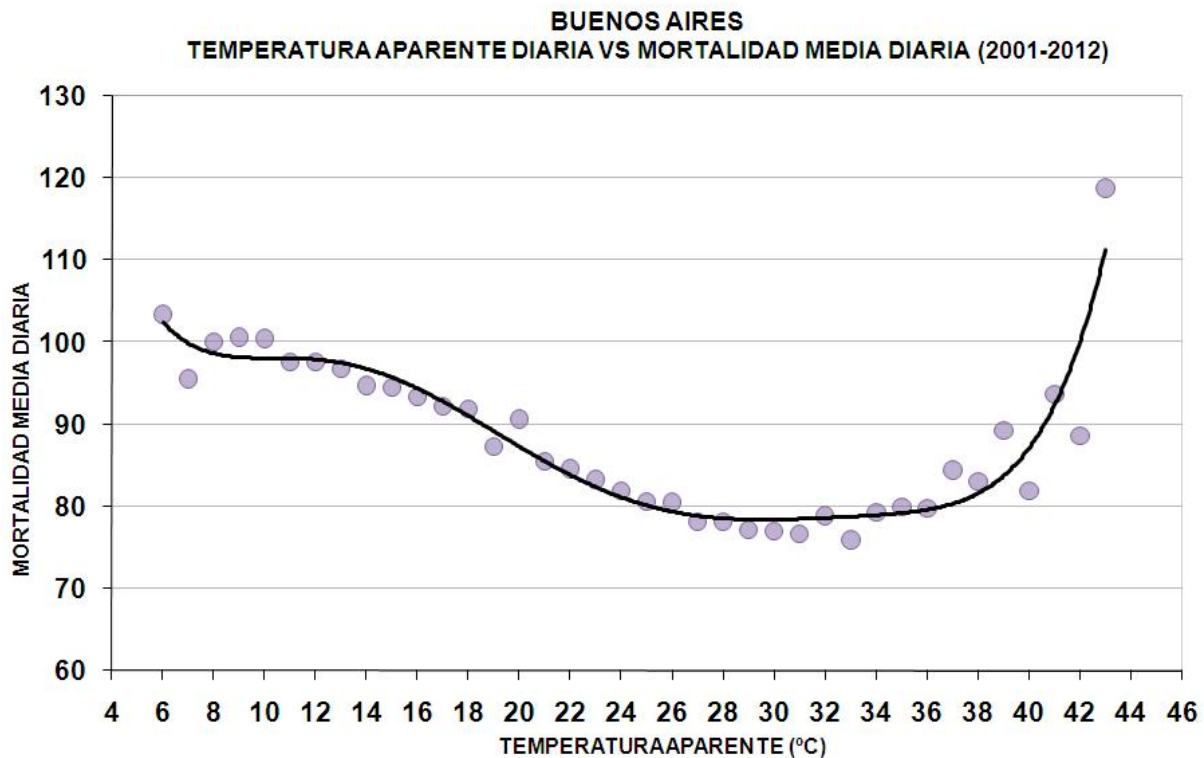


Figura 3: Relación entre temperatura aparente y mortalidad en la ciudad de Buenos Aires.

y aparente máxima respectivamente (Figura 4). La incorporación de la humedad nos da una atribución, de nuevo, de 8°C.

### 3.4. Sistema de Alerta y Salud

Mediante el uso de los resultados descriptos en las secciones anteriores se desarrollaron los Sistemas de Alerta y Salud en las ciudades de Buenos Aires y Rosario, que están basados en las relaciones encontradas entre temperaturas máximas, mínimas y la mortalidad diaria en ambas ciudades, entre los años 2001-2011. El desarrollo de ambos sistemas y su transferencia al SMN, fue un proceso virtuoso de nuestro trabajo.

El objetivo máximo a alcanzar con la implementación de estos Sistemas de Alerta es poder anticipar a la población, situaciones meteorológicas extremas y sus posibles efectos en la mortalidad, para que la misma aumente los recaudos frente a las olas de calor.

El Sistema tiene una clasificación de situación de olas de calor y su efecto en la salud y la mortalidad (ver Tabla VI):

Los niveles del Sistema de Alerta y Salud en ambas ciudades involucran las siguientes características:

VERDE: Mínimo estado de vigilancia durante el verano. Sin peligro sobre la salud de la población.

AMARILLA: Las olas de calor pueden ser

ESTADO	EFEECTO SOBRE LA SALUD
VERDE	SIN EFECTO SOBRE LA SALUD
AMARILLO	LEVE-MODERADO
NARANJA	MODERADO-ALTO
ROJO	ALTO-EXTREMO

Tabla VI: Distintos estados del Sistema de Alerta de Olas de Calor y Salud y sus efectos en la salud.



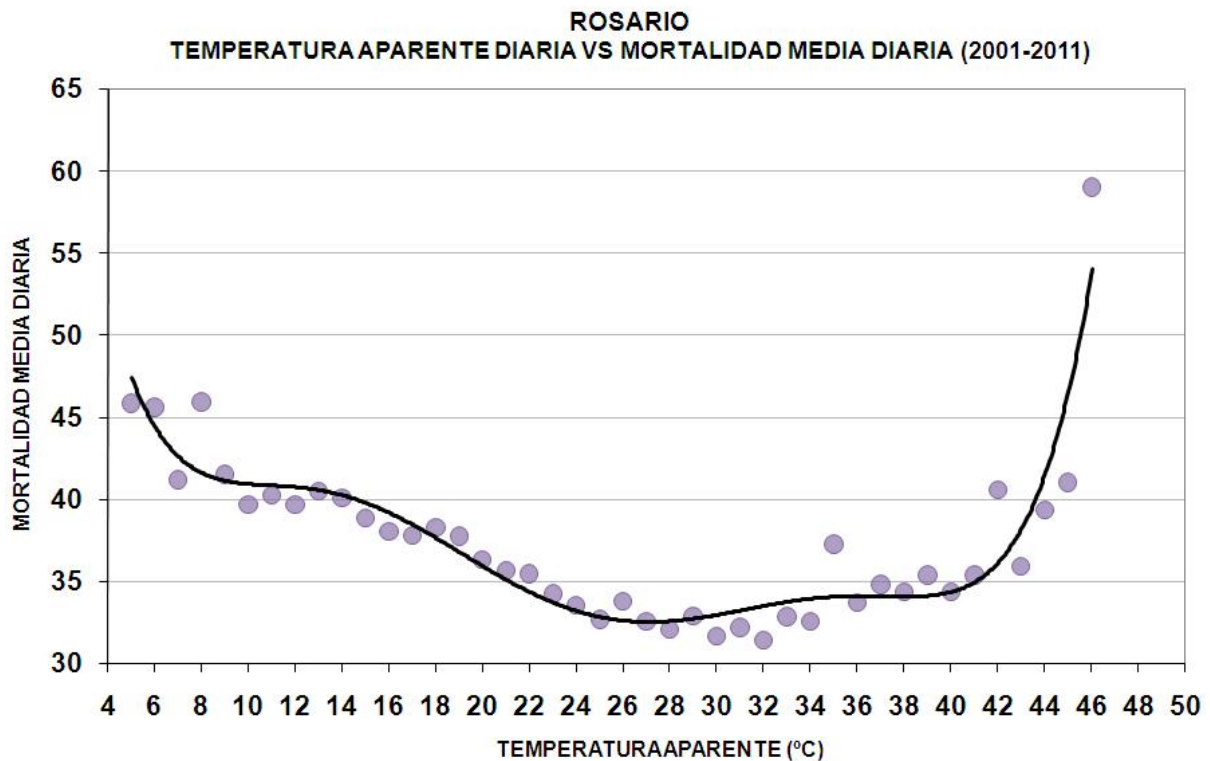


Figura 4: Relación entre temperatura aparente y mortalidad en Gran Rosario.

peligrosas, especialmente para los bebés y niños pequeños, personas mayores de 65 años o aquellos con enfermedades crónicas. Se requiere la toma de medidas preventivas.

**NARANJA:** Las olas de calor pueden ser peligrosas, especialmente para los bebés y niños pequeños, personas mayores de 65 años o aquellos con enfermedades crónicas. Es necesario cumplir las normas dadas por el Ministerio de Salud de la Nación frente a la ola de calor.

**ROJA:** Casos excepcionales de olas de calor. Pueden afectar a todas las personas saludables, y no sólo a los grupos de riesgo.

En el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se instaló dicho sistema en la temporada de verano 2009-2010 en CABA y funciona de Noviembre a Marzo. Para Gran Rosario el sistema comenzó a ejecutarse para la temporada 2013-2014. El alerta por Ola de Calor y Salud se activa cuando las temperaturas del día y la pronosticada para los

siguientes dos días exceden el umbral específico para cada localidad. En ese caso se emite el alerta correspondiente que se distribuye a la brevedad a las agencias de protección civil, a las agencias de noticias, a los usuarios registrados por mail, al canal de Alertas por Olas de Calor RSS (Really Simple Syndication"), y a la página web del SMN [www.smn.gov.ar](http://www.smn.gov.ar).

En la Figura 5 se muestran la cantidad de alertas emitidas por ola de calor para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires por temporada estival. Se observan 52 días con alertas Amarillas (número 1), 24 días con alerta Naranja, y 8 días con alerta Roja. Estos últimos concentrados en el verano 2013-2014. Para pasar de alerta Amarilla a Naranja se requieren al menos dos días consecutivos con alerta Amarilla. Sin embargo, los requisitos para emitir alerta Roja no están prefijados. Como mínimo debe estar precedido de al menos un día con alerta Naranja, y debe haber un pronóstico de temperaturas por encima de los umbrales definidos. A su vez se toma la



Figura 5: Numero de alertas emitidos en los Sistemas de Olas de Calor y Salud en Buenos Aires y Rosario.

decisión de elevar a alerta Roja considerando factores como el exceso de calor, la longitud de la ola de calor, exceso de humedad, persistencia de las condiciones meteorológicas, respuesta de la comunidad, entre otros.

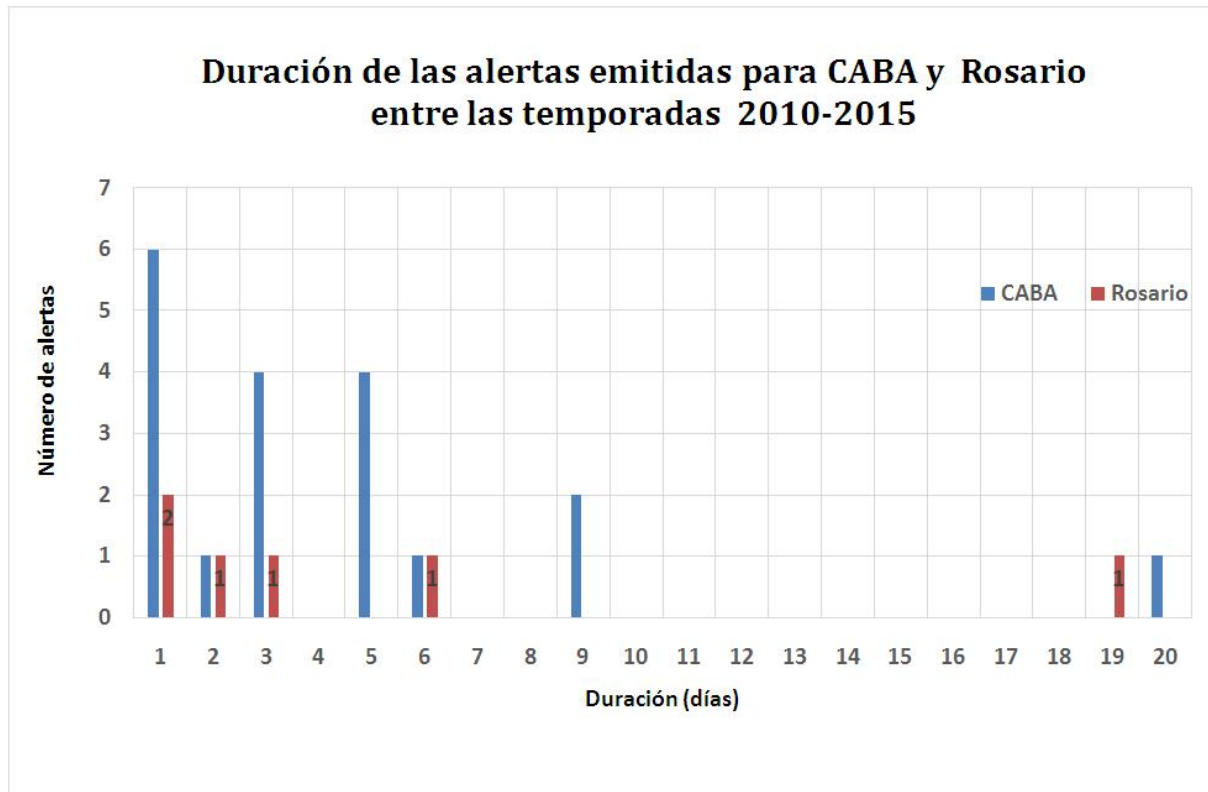
La emisión de alerta por ola de calor se realiza al final de un día con valores por encima de los umbrales y con pronósticos acordes. El alerta tiene vigencia por 24 hs, tiempo en el cual se debe actualizar el estado (es decir aumentar, disminuir o mantener el nivel de alerta). Debido a que el sistema se basa en un pronóstico de temperaturas extremas, puede ocurrir que las condiciones meteorológicas sean más o menos extremas que las esperadas por lo que el nivel de Alerta por ola de calor debe actualizarse en lapsos menores de tiempo. Se enfatiza aquí la necesidad del monitoreo constante de las condiciones meteorológicas y el pronóstico del tiempo para una eficaz prevención a la salud.

Dentro de una extensa ola de calor pueden

ocurrir alivios temporales. Si las condiciones se mantienen entonces se mantiene el alerta aunque puede disminuir el nivel del mismo (se pasa de naranja a amarillo por ejemplo).

En Rosario se observan también un gran número de días con Alertas emitidas. El número de alertas naranjas y rojas (11 y 7 respectivamente) son similares en número que las emitidas en para CABA (7 y 7 respectivamente). Las alertas Amarillas son en número significativamente distintas a CABA.

La cantidad de días consecutivos con alerta emitida (“duración del alerta”) se pueden observar en la Figura 6. La máxima frecuencia es de alertas emitidas solo por 1 día lo que implica 3 días consecutivos de temperaturas extremas, tanto para CABA como Gran Rosario. En el extremo opuesto, se observó una ola de calor tan persistente que durante la cual se emitieron 20 alertas consecutivos para CABA y 19 para Rosario.



*Figura 6:* Duración de los alertas emitidos en los Sistemas de Olas de Calor y Salud en Buenos Aires y Rosario.

Dicho alerta de 20 días consecutivos es la ocurrida durante la ola de calor extrema que sucedió en la segunda mitad del mes de Diciembre 2013, clasificada como la más persistente y la más intensa registrada en Buenos Aires (Barros et al 2015). Se muestra en la Tabla VII los valores de las temperaturas medidas y pronosticadas a 24-96 hs y el consecuente nivel de alerta emitido, en el caso de Buenos Aires. La sucesión de las altas temperaturas mínimas y máximas tuvieron efectos en la salud de la población porteña. como se puede observar en la Figura 7, la mortalidad experimentó un aumento, con exceso de muertos superior al 50% de la media estival. El pico de mortalidad diaria fue de 180 muertos en un solo día, segundo máximo de mortalidad diaria asociada a olas de calor, comparable con la de principios de enero de 2001. El exceso de mortalidad coincide con la declaración de alertas Rojas consecutivas entre el 24 al 30 de diciembre de 2013.

Muchos de los decesos frente a las altas temperaturas pueden ser prevenibles, si se toman en cuenta las precauciones o medidas sencillas dadas por el Ministerio de Salud de la Nación, tales como hidratarse sostenidamente con agua fresca y segura, consumir alimentos frescos, usar ropa suelta, no exponerse al sol en determinadas horas; entre otras recomendaciones (Ministerio de Salud, 2013).

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se analiza la relación entre meteorología y salud en grandes concentraciones urbanas. En particular se estudian las relaciones entre mortalidad y temperaturas diarias en las ciudades de Buenos Aires y Rosario en los años 2001-2012 y 2001-2011 respectivamente.

Los resultados concluyen acerca de que las poblaciones estudiadas muestran evidencias del calor en la mortalidad diaria. Se concentró el

FECHA	Tmáx (°C)					Tmín (°C)					Alerta
	HOY	24	48	72	96	HOY	24	48	72	96	
13/12/2013	32,6	34	35	37	37	20,3	22	23	24	25	1
14/12/2013	35,2	36	37	36	27	20,0	22	24	24	17	1
15/12/2013	34,9	34	36	28	29	24,7	23	23	20	18	2
16/12/2013	34,5	36	30	29	32	23,0	24	23	18	20	2
17/12/2013	36,5	32	32	34	36	24,8	25	22	23	24	2
18/12/2013	32,8	31	32	33	35	24,4	20	22	23	24	1
19/12/2013	31,0	32	33	35	36	23,5	22	23	23	24	1
20/12/2013	30,5	32	34	35	36	23,3	23	24	24	24	1
21/12/2013	32,0	34	36	37	33	22,2	24	24	25	25	1
22/12/2013	34,1	36	37	36	34	24,2	24	25	25	22	1
23/12/2013	35,4	37	37	36	34	24,8	25	26	25	22	2
24/12/2013	35,7	37	35	32	33	25,0	26	26	22	20	3
25/12/2013	38,1	37	33	35	37	27,2	27	22	20	22	3
26/12/2013	39,0	34	35	37	38	27,1	23	21	23	23	3
27/12/2013	34,0	35	39	38	35	24,0	23	25	25	23	3
28/12/2013	34,8	38	36	33	32	24,0	25	22	22	23	3
29/12/2013	37,6	37	33	36	28	26,0	23	21	22	18	3
30/12/2013	36,6	32	34	28	24	26,7	22	22	18	14	3
31/12/2013	31,5	32	28	26	27	23,2	20	21	16	14	1
01/01/2014	33,6	29	27	30	33	23,1	20	14	15	16	1

Tabla VII: Salida del Sistema de Alerta y Salud para Buenos Aires en la segunda mitad de diciembre 2013. Se indica la fecha, la temperatura del día, y las pronosticadas para 24, 48, 72 y 96 horas, en el caso de Temperatura Máxima y mínima. En la última columna se indica el nivel de alerta emitido.

estudio en las principales olas de calor según su exceso de mortalidad sobre los valores medios esperados.

En concordancia con una gran cantidad de estudios en diversas ciudades del mundo, se observa para ambas ciudades argentinas una relación tipo U entre mortalidad y temperaturas; tanto máxima, mínima y aparente.

En dichas curvas U, el extremo relacionado con las temperaturas más bajas e invernales no es tan preciso con respecto al umbral ya que manifiesta una pendiente mucho más reducida. En cambio en el otro extremo de las curvas, la relación con temperaturas altas o de verano el cambio es evidente y el umbral es mucho más significativo.

Al estudiar las olas de calor más importantes en los años de datos disponibles, se concluye que la población más susceptible al calor es la compuesta por los adultos mayores a 65 años; tanto en Buenos Aires como Rosario; sugiriendo que los mayores son particularmente vulnerables. Y afecta por igual tanto a hombres como mujeres en términos relativos a la población total.

El hecho de identificar como las personas de mayor edad como las más sensibles al calor y considerando que cada vez hay más población de edad avanzada en ambas ciudades, pone en evidencia una problemática de la salud pública actual y fundamental para focalizar en programas futuros relacionados a olas de calor.



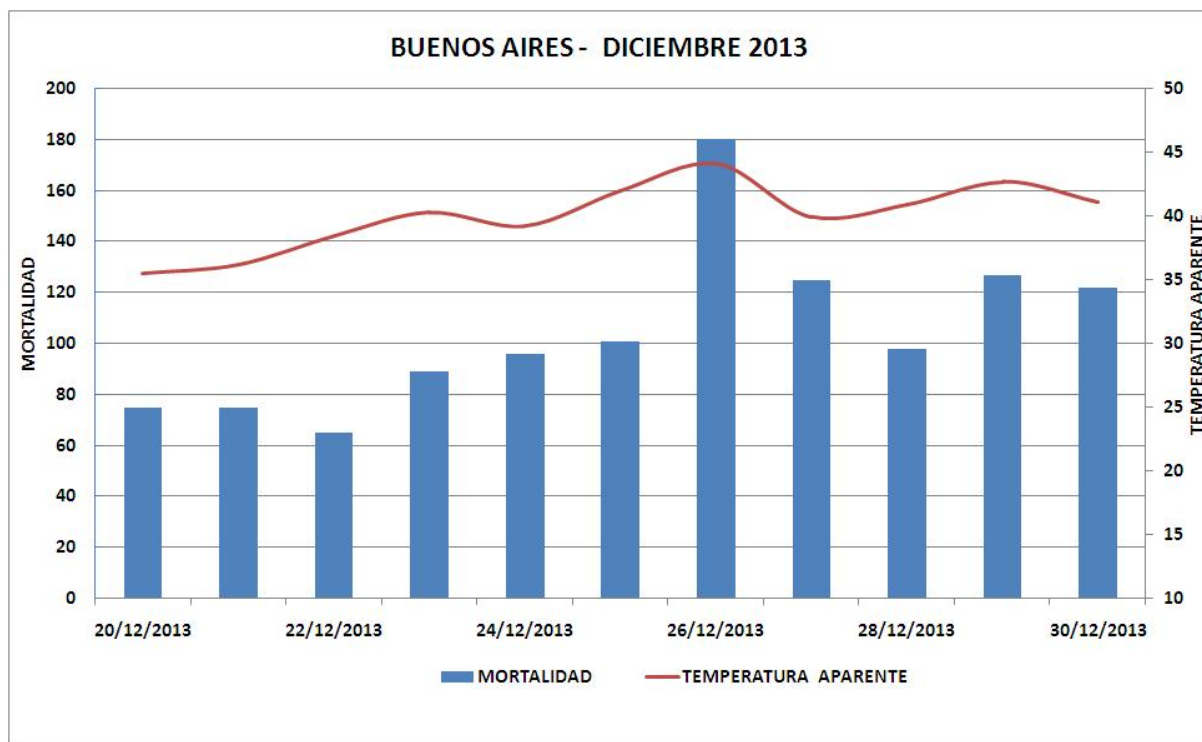


Figura 7: Mortalidad en la ciudad de Buenos Aires a fines de diciembre 2013.

Las olas de calor de principios de la época estival parecen ser las más peligrosas, sobre todo a la población susceptible, quizás porque el organismo no se habituó a las altas temperaturas y no puede reaccionar rápidamente frente al exceso de calor.

Por los peligros de las primeras olas de calor, la susceptibilidad al calor de los grupos de riesgo, y con el fin de prevenir a toda la población se crearon los Sistemas de Alertas de Olas de Calor y Salud que opera el SMN. Una componente importante del mismo es la estrategia de comunicación y la capacidad de respuestas rápidas y oportunas. El sistema de alerta temprana del SMN busca reducir la vulnerabilidad de la población de ambas ciudades y a la vez aumentar su preparación.

El valor del Sistema de Alerta de Olas de Calor para prevenir reacciones adversas en la salud de la población se incrementará en el futuro, a la luz del aumento de la variabilidad climática y aumentos de temperaturas proyectados debido

al cambio climático.

Agradecimientos: Los autores agradecen por la provisión de datos y del registro de las alertas emitidas por olas de calor al Servicio Meteorológico Nacional, como así también los datos de mortalidad al Ministerio de Salud de la Nación (Argentina).

#### REFERENCIAS

- Barros, V., J. Boninsegna, I. Camilloni, M. Chidiak, G. Magrín, M. Rusticucci (2015) Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. WIREs Climate Change, 6 (2), 151-169.
- Basu R. and Samet J. M., 2002. Relation between Elevated Ambient Temperature and Mortality: A Review of the Epidemiologic Evidence. Epidemiologic Reviews 24(2):190-202.
- Bennett, C.M., K.G. Dear, and A. McMichael, 2013: Shifts in the seasonal distribution of



- deaths in Australia, 1968-2007. *International Journal of Biometeorology*, (April), doi:10.1007/s00484-013-0663-x.
- Censo 2010 (2015) <http://www.censo2010.indec.gov.ar>
- Chung Yeonseung, Y. Lim, Y. Honda, Y. Guo, M. Hashizume, M. Bell, B. Chen y H. Kim, 2015. Mortality related to Extreme Temperature for 15 Cities in Northeast Asia. *Epidemiology*, Volume 26, Number 2.
- Della-Marta, P. M., M. R. Haylock, J. Luterbacher, and H. Wanner (2007), Doubled length of western European summer heat waves since 1880, *J. Geophys. Res.*, 112, D15103, doi:10.1029/2007JD008510.
- Días Jiménez J, C. Linares Gil y R. García Herrera, 2005. Impacto de las Temperaturas Extremas en la Salud Pública: Futuras Acciones. *Revista Española Salud Publica* 2005, Vol 79, N°2, 145-157.
- Fouillet A., G. Rey, F. Laurent, G. Pavillon, S. Bellec, C. Guihenneuc-Jouyaux, J. Clavel, E. Jouglu, Denis Hemon, 2006. Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. Vol 80, Issue 1, pp 16-24.
- Hartmann DL, Klein Tank AM, Rusticucci M, Alexander LV, Brönnimann S, Charabi Y, Dentener FJ, Dlugokencky EJ, Easterling DR, Kaplan A, et al. Observations: atmosphere and surface. Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, 2013, 159-254.
- Honda, Y., M. Kondo, G. McGregor, H. Kim, Y. Guo, Y. Hijioka, M. Yoshikawa, K. Oka, S. Takano, S. Hales, and R.S. Kovats, 2013: Heat-related mortality risk model for climate change impact projection. *Environmental Health and Preventive Medicine*, doi:10.1007/s12199-013-0354-6.
- Jendritzky G., P. Broede, D. Fiala, G. Havenith, P. Weihs, E. Batchvarova and R. De Dear, 2010. Future Universal Thermal Climate Index UTCI. *Proceeding of the 7th Conference on Biometeorology*. Freiburg, Alemania.
- Kalkstein, L. and Valimont, K., 1986: An Evaluation of Summer Discomfort in the United States Using a Relative Climatological Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 67, 842-848
- Lee DH. 1980. Seventy-five years of searching for a heat index. *Environ Res*; 22: 331–56.
- Lowe, D., K.L. Ebi and B. Forsberg, 2011: Heatwave early warning systems and adaptation advice to reduce human health consequences of heatwaves. *Int. J. Env. Res. and Public Health*,
- Martínez Navarro F., F. Simón-Soria and G. López-Abente, 2004. Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad. *Gacetilla Sanitaria*; 18(Supl 1):250-8, España.
- Michelon T, P Magne and F Simon-Delavelle, 2005. Lessons of the 2003 Heat-Wave in France and Action Taken to Limit the Effects of Future Heat-Waves. *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. W. Kirch, B.Menne and R. Bertollini editors. Springer, pag 131-140.
- Ministerio de Salud de la Nación (Argentina) (2013) [http://www.msal.gob.ar/prensa/index.php?option=com\\_content&id=1060:ministerio-de-salud-recomienda-adoptar-cuidados-basicos-ante-altas-temperaturas](http://www.msal.gob.ar/prensa/index.php?option=com_content&id=1060:ministerio-de-salud-recomienda-adoptar-cuidados-basicos-ante-altas-temperaturas)
- Páldy A., J. Bobvos, A. Vámos, R.S. Kovats and S. Hajat, 2005. The Effect of Temperature and Heat Waves on Daily Mortality in Budapest, Hungary, 1970 – 2000. *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. W. Kirch, B.Menne and R. Bertollini editors. Springer, pag 99- 107.
- Perkins, S.E. and L.V. Alexander, 2013: On the measurement of heatwaves *J. Clim.*, 26: 4500–4517.
- Robine, J.-M., S. L. Cheung, S,Le Roy, H. Van Oyen, C. Griffiths, J.-P. Michel and F. Herrmann, 2008: Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *C. R. Biologies* 331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2007.12.001>

- Rusticucci, M., Kysely, J Almeida, G, Lhotka, O, 2015. Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. Theoretical and Applied Climatology DOI: 10.1007/s00704-015-1445-7.
- Steadman R. G., 1979. The Assessment of Sultriness. Part II: Effects of Wind, Extra Radiation and Barometric Pressure on Apparent Temperature. J. Appl. Meteor., 18, 874-885.
- Thiele-Eich I., S. Brien, A. Kapala, G. Jendritzky and C.Simmer, 2010. Future thermal comfort in Germany. Proceeding of the 7th Conference on Biometeorology. Freiburg, Alemania.
- Vandendorren E. and P. Empeur-Bissonnet, 2005. Health Impact of the 2003 Heat-Wave in France. Extreme Weather Events and Public Health Responses. W. Kirch, B.Menne and R. Bertolini editors. Springer, pag 81-87.
- World Meteorological Organization and World Health Organization, 2015 Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development, G. R. McGregor, P. Bessemoulin, K. Ebi and B. Menne.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.