

Impacto de las olas de calor en la morbilidad y mortalidad cardiovascular y respiratoria en municipios del Nordeste de Brasil

Impact of heat waves on cardiovascular and respiratory morbidity and mortality in municipalities of Northeastern Brazil

Nelson Bernal ¹

Lara Schwarz ²

Tarik Benmarhnia ³

Saulo Rodrigues Filho ⁴

¹ Doctor en Desarrollo Sostenible, Investigador de posdoctorado, Centro de Desarrollo Sostenible (CDS), Universidad de Brasilia (UnB), Brasilia, DF, Brasil
E-mail: neleduberdav@gmail.com

² Magíster en Salud Pública, Alumna de Doctorado, Escuela de Salud Pública, Universidad Estatal de San Diego, San Diego, CA, EE. UU.
E-mail: laranschwarz@gmail.com

³ PhD en epidemiología, Profesor permanente, Escuela de Salud Pública y el Instituto de Oceanografía, Universidad de California, San Diego, La Jolla, CA, EE. UU.
E-mail: tbenmarhnia@ucsd.edu

⁴ PhD en Ciencias Naturales, Profesor adjunto, Centro de Desarrollo Sostenible (CDS), Universidad de Brasilia (UnB), Coordinador de la Sub Red de Desarrollo Regional de la Red Clima, Brasilia, DF, Brasil
E-mail: saulofilhocds@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v13n2.2022.42228

Received: 07/03/2022
Accepted: 20/07/2022

ARTICLE – VARIA

RESUMEN

En los últimos años se generaron un vasto número de estudios sobre impactos que causan las olas de calor sobre la salud de la población, sin embargo, muchos de ellos fuera del país. Este estudio tiene el objetivo de analizar el impacto de olas de calor sobre la salud cardiovascular y respiratoria de la población nordestina, analizando cómo olas de calor de octubre a marzo aumentan los riesgos de morbilidad y mortalidad de la población de cinco municipios. Se observa que los meses de Enero, Febrero y Octubre son los que presentan más casos de morbilidad y mortalidad de la población y que el municipio de Belém del São Francisco presenta la mayor probabilidad de riesgo. Adicionalmente se encontró una señal positiva constante entre las olas de calor y la hospitalización cardiovascular. Se

utilizó un diseño cruzado de casos estratificado para estudiar la asociación entre ola de calor y óbitos e internaciones.

Palabras clave: Olas de calor. Temperatura. Variabilidad. Mortalidad. Morbilidad. Impactos en la salud.

ABSTRACT

In the last few years, a vast number of studies have studied the impacts of heat waves on population health. However, very few have been conducted in Brazil. This study aims to analyze the impact of heat waves on the cardio-respiratory health of the northeastern population, analyzing how heat waves from October to March increase the risks of morbidity and mortality in the population of five municipalities. It is observed that the months of January, February and October are the ones that present more cases of morbidity and mortality of the population and that the municipality of Belém del San Francisco presents the highest odds of increased health risk from heat waves. Additionally, a positive signal was found between heat waves and cardiovascular hospitalizations for many heat wave definitions. A time stratified cross-case design was used to study the association between heat waves and deaths and hospitalizations.

Keywords: Heat waves. Temperature. Variability. Mortality. Morbidity. Health impacts.

1 INTRODUCCIÓN

El aumento de las ondas de calor puede afectar la salud y causar un incremento en muertes (ALCALÁ, 2019; ANDERSON, 2009; ARMSTRONG, 2014; GUO, 2017; NATIONAL, GUERRERO, 2018; PÉRES, 2020). Este hecho quedó evidente después de la intensa ola de calor que afectó 16 países de Europa en 2003 y provocó la muerte de 70,000 personas. Según los estudios realizados por Alcalá (2019), entre los años 2003 y 2018 se ha observado un incremento de la magnitud, duración e intensidad de las olas de calor a nivel global. Los autores muestran que en el año 2018 se registraron olas de calor en Asia, Norte América, Europa y Oceanía provocando 1,500 muertes a nivel global.

El objetivo del presente artículo es analizar el impacto de olas de calor sobre la salud cardiovascular y respiratoria de la población nordestina, analizando cómo olas de calor de octubre a marzo aumentan los riesgos de morbilidad y mortalidad de la población de cinco municipios sobre estas enfermedades. Sobre esto, algunos estudios muestran que la variabilidad de temperatura del aire (TA) y las ondas de calor, inciden en las tasas de morbilidad y mortalidad de la población y, principalmente, de aquellas más vulnerables (ANDERSON, 2009; ARMSTRONG, 2014; BERNAL *et al.*, 2014; GREEN *et al.*, 2015; GUO, 2017; LI *et al.*, 2015). En el Brasil, algunos estudios realizados muestran una asociación entre olas de calor, temperatura del aire y mortalidad, y otros, factores asociados a características socioeconómicas de la población, provocando mayor vulnerabilidad (GEIRINHAS *et al.*, 2020). Según estos estudios, en diferentes partes del país, la temperatura y humedad tiene una influencia tanto en los indicadores generales de mortalidad, así como en causas específicas. Otros estudios, indican que olas de calor generan una serie de impactos sobre la salud humana en las regiones estudiadas (BAUTISTA *et al.*, 2011; CARVER; SHEIER, 2014; ERCIDES, 2020; GEIRINHAS *et al.*, 2019; GUO *et al.*, 2015; IKEFUTI, 2018; LAERTE *et al.*, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2019).

Silveira *et al.* (2019), investigando el efecto total de temperatura sobre mortalidad cardiovascular en 27 ciudades brasileñas, por ejemplo, demuestra la existencia de riesgos asociados a temperatura y los lugares. Para la autora, la mortalidad cardiovascular está asociada a la baja y alta de temperaturas en la mayoría de las ciudades de Brasil. Zhao *et al.* (2019), cuantificando la relación entre el calor y la hospitalización por épocas del año y las condiciones climáticas de 1642 ciudades durante las estaciones cálidas de 2000-2015, demuestra que el número de hospitalizaciones aumenta a una temperatura media diaria, incrementándose en la estación cálida tardía en comparación con la estación cálida

temprana. El autor resalta que este efecto se registra de manera similar entre mujeres y hombres, sin embargo, incide más en mayores de 75 años.

Laerte *et al.* (2016), evaluando el efecto de la estacionalidad climática en la aparición de síntomas respiratorios en la ciudad tropical de Goiânia (GO), observó que el número de individuos con síntomas respiratorios aumentó significativamente con la reducción de la humedad relativa, incremento, que afirma, podría predecirse a partir del análisis de datos meteorológicos regionales. Por otro lado, Ikefuti (2018) evaluando las asociaciones entre accidente cerebrovascular y temperatura del aire en el periodo 2002 a 2011 en la ciudad de São Paulo, muestra que la temperatura del aire aumentó la mortalidad por derrame cerebral en dicha ciudad tanto en hombres como mujeres.

Analizando el impacto de las ondas de calor sobre la salud cardiorrespiratoria de la población, la Organización Mundial de Salud (OMS) afirma que el clima y sus variaciones abruptas tiene un papel importante sobre la mortalidad y morbilidad de la población (ALCALÁ, 2019; SURVEILLANCE, 2004; WHO, 2014), demostrado que el factor climático se constituye en un factor de riesgo para la salud de poblaciones vulnerables. Se estima que la abrupta variabilidad de temperaturas y el surgimiento de ondas de calor, resultado del cambio climático, provocaría en los próximos años aumentos en mortalidad y morbilidad de la población (ALCALÁ, 2019; SURVEILLANCE, 2004), siendo necesario realizar estudios específicos para poder generar medidas de adaptación y alertas tempranas locales, con la finalidad de generar resiliencia en la población probablemente afectada (CONLON *et al.*, 2011; KINGDOM, 2011). En este sentido, comprender los umbrales más pertinentes para revelar el impacto de olas de calor en la salud es importante, posibilitando activar eficazmente sistemas de alerta temprana y proteger a la población.

Los estudios realizados en Brasil que estudian los impactos del calor en la salud se han centrado predominantemente en las principales ciudades del país, dando poca atención a las ciudades más pequeñas, donde las condiciones sociales y económicas son diferentes.

Por ello es importante realizar estudios en estas áreas para generar datos científicos que contribuyan a la generación de alertas tempranas en estas regiones. Al generar evidencia sobre los factores de riesgo en estas ciudades, las autoridades locales pueden tomar las acciones correspondientes para mejorar los servicios de salud y proteger la salud de la población (LUCCHESI, 2004; MACHADO *et al.*, 2017). Los resultados de la investigación también pueden aumentar el conocimiento de los impactos de los fenómenos climáticos relacionados con la temperatura sobre la morbilidad y la mortalidad en las regiones semiáridas de Brasil, posibilitando la generación de políticas públicas que ayuden a los proveedores de servicios de salud y a la población local a enfrentar mejor estas agravantes de la salud humana.

2 ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca de San Francisco en Brasil es considerada una de las más importantes del país, por un lado, porque es una de las más extensas y caudalosas de la región y, por otro, porque tiene una importancia económica, cultural y social relevante, principalmente, para la población asentada en las regiones del Nordeste e Sudeste. Este río tiene una superficie de drenaje de 634.781 km², representando el 8% del territorio nacional, abarcando 503 municipios y formando parte de siete Unidades o Estados de la Federación: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás y el Distrito Federal. La cuenca está dividida en cuatro sub regiones fisiográficas (Alto medio, sub medio, medio y bajo San Francisco) abasteciendo áreas donde sus habitantes conviven con secas prolongadas y aridez extrema (HERMUCHE, 2002).

Cada una de las cuatro regiones fisiográficas de la cuenca se caracterizan por poseer diferentes tipos de clima, suelo y cobertura vegetal. La presente investigación se realizó en algunos municipios que corresponden al Submédio de San Francisco (SubM-SF), cual presenta un clima semiárido y árido y registra una precipitación media anual que oscila entre 800 y 350 mm y una temperatura media anual de

27°C que, asociada a las 2.800 horas de insolación, da como resultado 1.550 mm de evapotranspiración media anual (MOURA *et al.*, 2006).

El SubM-SF se caracteriza por ser un área donde existe escases de agua, extremos climáticos, precipitaciones impredecibles y alta evapotranspiración (MARENGO *et al.*, 2018; SHUKLA, 1981). En relación a la temperatura máxima y mínimas del área estudiada, estas se dan durante los meses de Noviembre y Julio, respectivamente, registrándose una temperatura máxima de 28,05°C y 22,89°C como mínima.

Considerando estos aspectos, la presente investigación analiza el impacto de olas de calor sobre la salud de la población que habita los municipios de Belém do São Francisco, cual cuenta con 20.253 habitantes segundo censo 2010, Floresta con 29.285, Itacuruba con 4.369, Petrolândia con 32.492, Jeremoabo con 37.680 y Paulo Afonso con 108.396 habitantes. Territorios correspondientes a los estados de Bahia y Pernambuco (Figura 1).

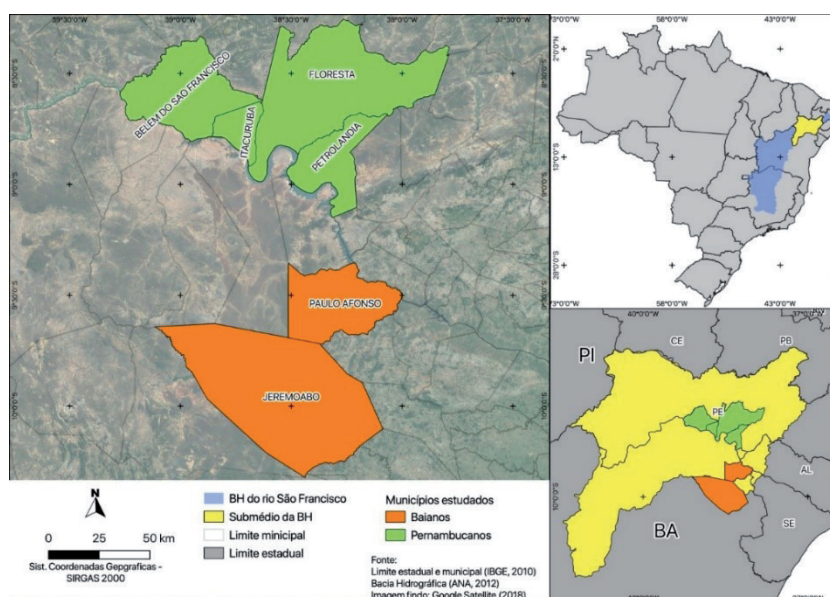


Figura 1 | Mapa del área de estudio en la región Sub medio de San Francisco.

Source: Elaboración de los autores.

3 MÉTODOS

Desde el año 2018 la red Brasileira de Investigación en Cambio Climático (REDE CLIMA por sus siglas en portugués) y el Observatorio de las Dinámicas Socio ambientales (INCT – Odisseia) viene realizando investigaciones de campo junto a pueblos y comunidades tradicionales de la región Sub Medio de la Cuenca de San Francisco, con la finalidad de analizar los impactos que viene provocando el cambio climático sobre la población local.

En este caso, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la estacionalidad climática en la ocurrencia de internaciones y óbitos de pacientes con cuadros de enfermedades cardiovasculares y respiratorias atendidos en una Unidad Básica de Salud local (UBS), (Ver Tabla 1). El estudio fue desarrollado a partir del análisis de datos primarios del periodo (Enero 2008 a Septiembre 2019), cuales fueron facilitados por la Coordinación General de Informaciones y Análisis Epidemiológico (CGIAE), área responsable por el Sistema de Informaciones sobre Mortalidad (SIM) del Ministerio de Salud del Brasil.

En el presente estudio, se define como evento de ola de calor cuando la temperatura máxima excede el umbral del percentil (99, 97.5 o 95) de la distribución de temperatura para cada región, dentro de un mes o temporada específica desde enero 2008 a marzo 2019. Se consideraron para este análisis la ola de calor definida por los días de calor extremo dentro de la temporada de primavera y verano (octubre-marzo). También se crearon definiciones mensuales de olas de calor y se definieron como la temperatura que excede el umbral del percentil por mes, considerando los días de calor extremo dentro de cada mes individual. Todas las definiciones se consideraron como eventos de olas de calor de uno o dos días, que es cuando la temperatura alcanza el umbral del percentil (99, 97.5 o 95) durante dos días consecutivos. Estas diversas definiciones fueron tomadas en cuenta para determinar la medida ideal para eventos de calor extremo, así como, para determinar en qué meses o estaciones se observan las asociaciones más fuertes. No fue incluido septiembre debido a que este mes fue considerando de transición con la estación más fría del año, invierno.

Sobre el análisis estadístico, se utilizó un diseño de casos cruzados time-stratified para estudiar la asociación entre cada definición de ola de calor y óbitos e internaciones de enfermedades cardiovasculares y respiratorias (BASU, 2008; BASU; OSTRO, 2008; TONG, 2012). La metodología se asemeja al diseño y análisis de un estudio de casos y controles, sin embargo, aquí los controles se identifican para el mismo individuo al que de los casos en la población de estudio; por lo tanto, solo las variables que varían con el tiempo se consideran covariables. Los días de control se seleccionaron con base en el mismo día de la semana de ingreso al hospital dentro del mismo mes y año en que ocurrió el caso. Se eligieron percentiles (97.5 y 99) para las definiciones de eventos de olas de calor para este análisis, con el fin de identificar los días de calor extremo.

Se empleó un modelo de regresión logística condicional para estudiar la asociación entre las olas de calor y óbitos e internaciones para cada definición de ola de calor y diagnóstico de hospitalización. Se utilizó la precipitación como covariable para ajustar la humedad, así también, se realizaron análisis de regresión logística condicional para cada definición de ola de calor y diagnóstico de hospitalización para toda la región y municipio.

Adicionalmente y con la finalidad de profundar el estudio, realizamos un análisis de variabilidad climática de los municipios abordados entre el periodo (1989 - 2019). Éste fue realizado con datos satelitales geoespaciales, correspondientes a The Power Project de la Nasa. La fuente de datos primarios solares y meteorológicos facilitados por la NASA, se producen de forma nativa en una cuadrícula global de latitud / longitud de $1^\circ \times 1^\circ$ y se resignan a una cuadrícula de latitud / longitud de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ mediante interpolación o replicación bilineal (THE POWER PROJECT, 2020). Una vez analizados los datos, estos fueron comparados a otros estudios desarrollados en la región, con la finalidad de confirmar las deducciones obtenidas (GAIVIZZO *et al.*, 2019; MARENGO, 2009; RODRIGUES FILHO, 2016; SILVA *et al.*, 2011; TEIXEIRA, 2016).

Los datos climáticos adquiridos se analizaron asociando el número de muertes y hospitalizaciones de la población local y, los resultados obtenidos en la regresión, podrían informar futuros riesgos relacionados con las olas de calor.

Cabe resaltar que este estudio cumple con las normas y exigencias del Comité de Ética de Investigación de la facultad de Ciencias Humanas y Sociales de la Universidad de Brasilia (UnB), cual está debidamente registrada en el proceso No. 01037218.5.0000.5540 e dictamen de aprobación No. 3.440.596.

4 RESULTADOS

4.1 VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA REGIÓN ESTUDIADA

Como manifestado existe una serie de trabajos que muestran cómo el factor climático se torna en un agravante para la salud de poblaciones vulnerables, constituyéndose importante conocer y estimar la variabilidad de temperaturas, olas de calor y el número de mortalidad pueden jugar un papel en el aumento de la mortalidad y la morbilidad. Se cree que, como resultado del cambio climático, en los próximos años se registren un aumento y disminución de temperaturas en algunas estaciones del año, generando aumentos en la mortalidad (CONLON *et al.*, 2011; KINGDOM, 2011).

Por lo tanto, se vuelve relevante realizar evaluaciones de estos extremos de temperatura para generar proyecciones de impactos en la salud, así como generar medidas de adaptación que den paso a promover la resiliencia de las poblaciones afectadas.

Analizando la variabilidad de temperatura que abarca el periodo 1989 – 2019 en la región estudiada, se observa un leve incremento en las temperaturas a lo largo de los años, cual llega a (0,5°C) como media anual (Ver Figura 2). Analizando las temperaturas más bajas, se observa que el año más crítico fue 1989, llegando a 25,42°C, consecuentemente el más caluroso fue 1998, año en el que se registró 27,08°C.

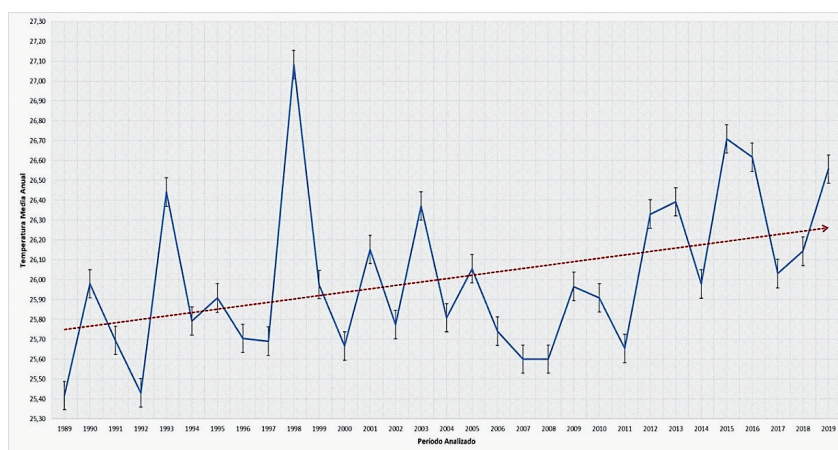


Figura 2 | Variación de la temperatura media anual registrada en el área de estudio entre el periodo 1989 - 2019.

Fuente: Elaboración de los autores, con datos de NASA Prediction of Worldwide Energy Resources (Power). Higher Resolution Daily Time Series by Location 1/2 x 1/2 degree.

Climatology Resource for SSE - Renewable Energy. Bottom-left Latitud: -10.2640 Longitud: -39.0400. Upper-right Latitud: -8.4705 Longitud: -38.0270.

Analizando la temperatura máxima y mínima registrada en el mismo periodo, correspondientes a los meses de Noviembre y Julio, podemos observar con más claridad una elevación en la temperatura media de estos meses (Ver Figura 3). En los primeros años del periodo analizado, se observa que la temperatura media para el mes de noviembre era de 27, 7oC, valor que paso a 28.6°C en los últimos años, mostrando una elevación de aproximadamente (1°C).

En relación a la variabilidad de la temperatura más baja registrada en los meses de Julio, de la misma forma, observamos un leve incremento a lo largo del periodo analizado. En los primeros años la media alcanzaba a 22,5°C, pasando entre 1998 y 2012 a registrarse 23,4°C.

Dicha variación en la temperatura puede influir en el incremento o declinación del número de casos de morbilidad y mortalidad de la población local, cifras que analizamos a continuación considerando los datos de temperatura expuestos hasta aquí.

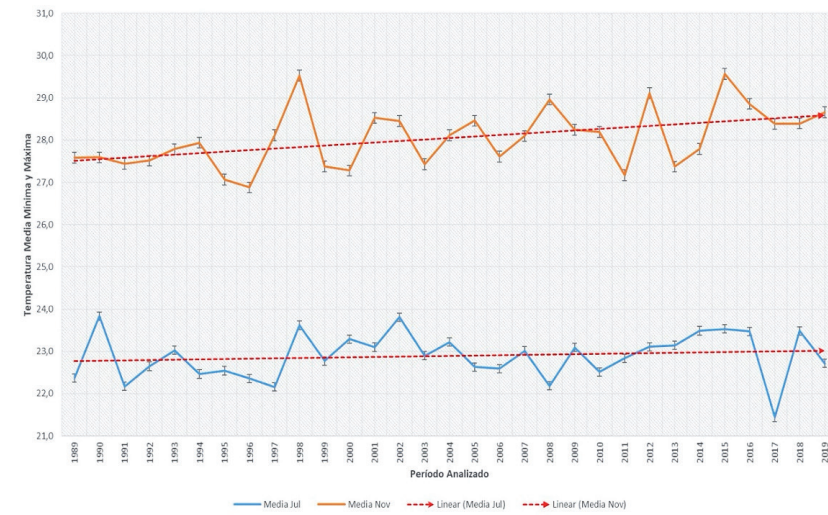


Figura 3 | Variación de la temperatura media máxima regional (noviembre) y variación de la temperatura media mínima (junio) registrada en el área de estudio entre el periodo 1989 - 2019.

Fuente: Elaboración de los autores, con datos de NASA Prediction of Worldwide Energy Resources (Power). Higher Resolution Daily Time Series by Location 1/2 x 1/2 degree. Climatology Resource for SSE - Renewable Energy. Bottom-left, Latitud: -10.2640 Longitud: -39.0400. Upper-right, Latitud: -8.4705 Longitud: -38.0270.

4.2 OLAS DE CALOR, MORBILIDAD Y MORTALIDAD DE LA POBLACIÓN LOCAL

Nuestra población de estudio incluyó 22,896 hospitalizaciones y 1,265 óbitos en los municipios de Belém do São Francisco, Floresta, Itacuruba, Petrolândia, Jeremoabo y Paulo Afonso, territorios correspondientes a los estados de Bahía y Pernambuco de enero 2008 a septiembre 2019 (Ver Tabla 1).

Tabla 1 | Descripción del total de hospitalizaciones y óbitos por ambas enfermedades. 2008-2019

Municipio	Hospitalizaciones por ambas enfermedades	Óbitos (%)
Belém de São Francisco	1229 (43.0)	19 (47.4)
Floresta	3491 (43.9)	128 (49.2)
Itacuruba	175 (46.9)	twenty
Jeremoabo	1553 (39.0)	104 (39.4)
Paulo Afonso	12,120 (43.6)	917 (47.3)
Petrolândia	4,328 (42.8)	95 (45.3)
TOTAL	22,896	1,265

Fuente: Elaboración de los autores con datos da Coordinación General de Informações y Análisis Epidemiológico (CGIAE).

Tabla 2 | – Descripción de definiciones de olas de calor por periodo de verano

<i>Por periodo de verano</i>				
<i>Temporada</i>	<i>Definición de ola de calor</i>	<i>Percentil umbral y temperatura mediana (°C)</i>	<i>Duración (días)</i>	<i>Número de días por los municipios</i>
verano	HWD1	99 (31.7)	1	123
verano	HWD2	99 (31.9)	2	51
verano	HWD3	97.5 (31.3)	1	317
verano	HWD4	97.5 (31.5)	2	155
verano	HWD5	95 (30.9)	1	617
verano	HWD6	95 (31.1)	2	347

Fuente: Elaboración de los autores.

Los umbrales de temperatura para las definiciones de olas de calor y el número que ocurrió se describen en la Tabla 2. El umbral más bajo para la temperatura en todos los municipios tuvo un promedio de 29.9°C por las olas de calor de dos días definidos al porcentaje 99 en enero. Lo más alto de todas las definiciones de ola de calor fue 32.5°C por olas de calor de 2 días definidos al porcentaje 97.5 en Noviembre (Ver Tabla 3).

Tabla 3 | – Descripción de definiciones de olas de calor por mes

<i>Por mes</i>				
<i>Temporada</i>	<i>Definición de ola de calor</i>	<i>Percentil umbral y temperatura mediana (°C)</i>	<i>Duración (días)</i>	<i>Número de días por los municipios</i>
Octubre	HWD1o	99 (31.2)	1	21
Octubre	HWD2o	99 (32.1)	2	5
Octubre	HWD3o	97.5 (30.9)	1	54
Octubre	HWD4o	97.5 (31.0)	2	21
Octubre	HWD5o	95 (30.5)	1	106
Octubre	HWD6o	95 (30.7)	2	57
Noviembre	HWD1n	99 (32.4)	1	22
Noviembre	HWD2n	99 (32.5)	2	8
Noviembre	HWD3n	97.5 (31.7)	1	50
Noviembre	HWD4n	97.5 (32.5)	2	8
Noviembre	HWD5n	95 (31.3)	1	99
Noviembre	HWD6n	95 (31.5)	2	46
Diciembre	HWD1d	99 (31.6)	1	16
Diciembre	HWD2d	99 (31.0)	2	4
Diciembre	HWD3d	97.5 (31.6)	1	53
Diciembre	HWD4d	97.5 (31.7)	2	23
Diciembre	HWD5d	95 (31.4)	1	107
Diciembre	HWD6d	95 (31.6)	2	65
Enero	HWD1e	99 (30.9)	1	20
Enero	HWD2e	99 (29.9)	2	2

Por mes				
Temporada	Definición de ola de calor	Percentil umbral y temperatura mediana (°C)	Duración (días)	Número de días por los municipios
Enero	HWD3e	97.5 (30.5)	1	56
Enero	HWD4e	97.5 (30.7)	2	21
Enero	HWD5e	95 (30.2)	1	117
Enero	HWD6e	95 (30.7)	2	21
Febrero	HWD1f	99 (30.6)	1	20
Febrero	HWD2f	99 (30.6)	2	2
Febrero	HWD3f	97.5 (30.5)	1	49
Febrero	HWD4f	97.5 (30.6)	2	24
Febrero	HWD5f	95 (30.2)	1	96
Febrero	HWD6f	95 (30.4)	2	53
Marzo	HWD1m	99 (31.24)	1	21
Marzo	HWD2m	99 (31.3)	2	9
Marzo	HWD3m	97.5 (30.7)	1	57
Marzo	HWD4m	97.5 (30.8)	2	27
Marzo	HWD5m	95 (30.4)	1	109
Marzo	HWD6m	95 (30.5)	2	63

Fuente: Elaboración de los autores.

Al explorar la asociación entre los días de ola de calor, hospitalizaciones y óbitos, hubo cierta variabilidad, observando una señal positiva entre las olas de calor y la hospitalización cardiovascular, particularmente en las olas de calor de dos días (Ver Figura 4). Los resultados nos muestran principalmente que las olas de calor provocan un efecto mayor sobre la morbilidad cardiovascular, principalmente al día siguiente de la ola de calor y en las olas de calor de dos días. En el caso de morbilidad respiratoria, los datos nos muestran un leve impacto, sin embargo, sin precisión.

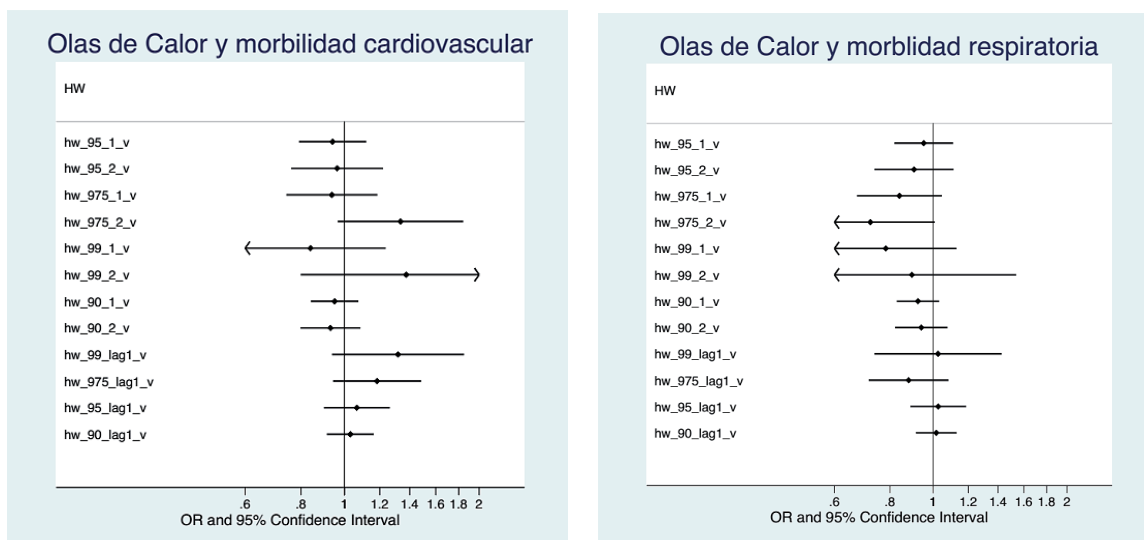


Figura 4 | Impacto de las olas de calor sobre la morbilidad cardiovascular y respiratoria.
Fuente: Elaboración de los autores. Análisis de casos cruzados estratificados.

Debido a que la muestra de óbitos fue pequeña para nuestro análisis, nos enfocamos en hospitalizaciones como resultados primarios. En general, encontramos más impacto por olas de calor definidos por mes que los definidos por todo el periodo. En el mes de enero, por ejemplo, observamos que existe más riesgo de hospitalización en la población cuando se registran olas de calor (Figura 5). Como se puede observar, los efectos de las olas de calor son positivos al inicio en enero, febrero y octubre, meses en los que existiría una mayor probabilidad de hospitalizaciones cardiovascular y respiratoria.

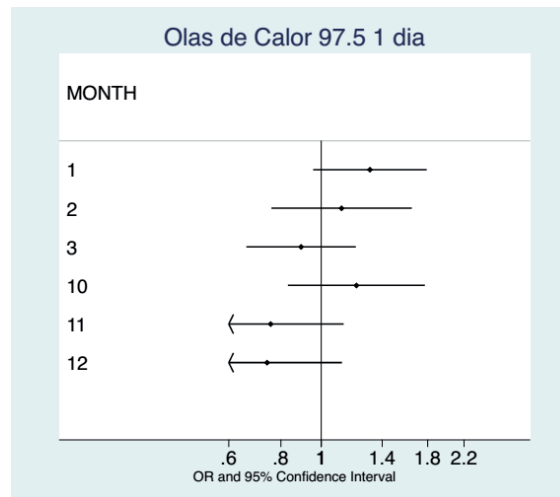


Figura 5 | Impacto por olas de calor definidos por mes por olas de calor de 1 día al porcentaje 97.
Fuente: Elaboración de los autores. Análisis de casos cruzados estratificados.

Considerando los resultados por municipio, observamos que la población más expuesta y propensa a problemas respiratorios y cardiovasculares por olas de calor en estos períodos, se encuentra en el municipio de Belém do Sao Francisco, con una razón de probabilidad de 1,85 (IC 95%: 0,99, 3.43). (Ver Figura 6).

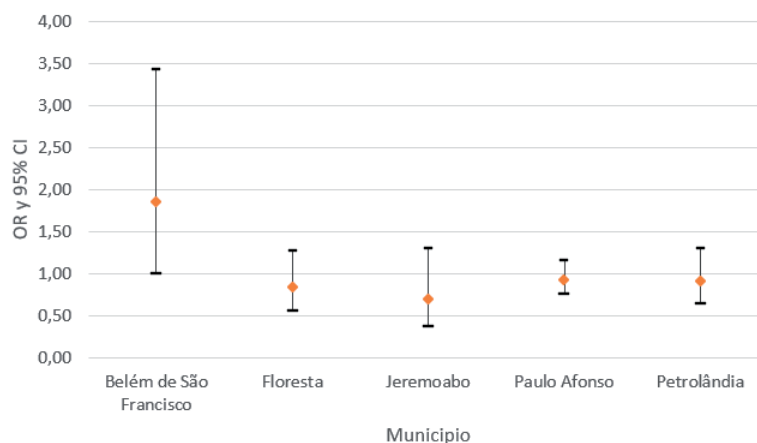


Figura 6 | Efecto de olas de calor por departamento
Fuente: Elaboración de los autores, realizando el análisis de casos cruzados estratificados.

5 DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El análisis de los datos de salud obtenidos a nivel municipal nos muestra que olas de calor durante el periodo Octubre a Marzo tienen influencia sobre el número de casos de morbilidad de la población Nordesteña, particularmente en Belém do São Francisco. Como recomendación, observando los datos obtenidos, este municipio debe prepararse para responder al aumento de casos conforme se registren incrementos de temperatura en los meses altamente probables.

El análisis de la variabilidad climática regional, nos muestra un incremento de aproximadamente 1°C durante el periodo 1989 – 2019. Dicho incremento pudo incrementar el número de casos en los últimos años, principalmente en los meses que muestran mayor número de casos, ya que como se observa existe una abrupta elevación y disminución en las temperaturas (Ver Figura 3).

Aparentemente, el aumento de casos en ciertos meses podría estar impulsado por la variación brusca de temperatura y las olas de calor (ANDERSON, 2009; ARMSTRONG, 2014; BAUTISTA *et al.*, 2011; CARVER; SHEIER, 2014; GEIRINHAS *et al.*, 2019; GUO, 2017; GUO *et al.*, 2015; IKEFUTI, 2018; SILVEIRA *et al.*, 2019). Por ejemplo, Silveira *et al.*, (2019), observó un efecto de la temperatura y las olas de calor sobre la mortalidad cardiovascular en 27 ciudades brasileñas.

Los factores socioeconómicos o fisiológicos pueden aumentar la vulnerabilidad al calor extremo, por lo que es fundamental promover políticas que apunten a reducir los riesgos existentes en relación con los servicios de salud y las disparidades socioeconómicas (ERCIDES, 2020; SARRÓ, 2009). Las características de habitabilidad, trabajo y dinámica de la población, en relación a la ocupación de espacio como de asentamientos ilegales donde la improvisación de acceso a servicios básicos es común, también aumentan su riesgo en salud incrementando la vulnerabilidad a los factores climáticos estresantes (YANG, *et al.*, 2019).

Este punto no pudo ser evaluado en la presente investigación, debido al objetivo y los datos analizados, sin embargo, consideramos que sería de gran utilidad analizarlos en futuros trabajos ya que ayudarían de mejor manera a ver los efectos de las olas de calor sobre la salud poblacional. Una de las limitantes con las que se atravesó, fue la poca existencia de estudios realizados en el Brasil y en la región, por lo que se considera necesario generar mayor evidencia epidemiológica para corroborar lo afirmado y disminuir la vulnerabilidad de la población afectada. Adicionalmente la obtención de datos de mortalidad y morbilidad por municipios fue otra limitante, restringiendo el estudio a realizarlo apenas en seis de quince municipios que se solicitó información.

Es esencial pensar en registrar y difundir datos que ayuden a realizar este tipo de análisis y encontrar solución a estas incertezas, así como en el establecimiento de alertas tempranas regionales y municipales, con énfasis en los meses de mayor riesgo. Esto ayudaría a generar una mejor respuesta de los servicios de salud y una reducción en el número de hospitalizaciones.

La calidad de la atención en los establecimientos de servicios de salud también influye en el número de muertes y en la salud de la población. Entre los más comunes está la precariedad de recursos materiales y profesionales que enfrenta el área de la salud, principalmente en los países de América Latina. Así se observó en esta última crisis sanitaria, mostrando cómo la falta de recursos llevó a estos centros a un rápido colapso frente al Covid-19 (GARCIA, 2020; LUCCHESI, 2004; OMS, 2020). Los estudios han demostrado que estas deficiencias aumentan los riesgos para la salud de los pacientes (CECCHERINI *et al.*, 2016; EBI 2011; FRUMKIN *et al.*, 2008; VAN LINDEN *et al.*, 2015).

En conclusión, consideramos pertinente identificar los periodos más críticos para el aumento de temperatura, morbilidad y mortalidad de la población en las diferentes zonas del país, llamando la atención de las autoridades locales y municipales para tomar acciones que garanticen el adecuado equipamiento y atención en salud para reducir esta carga que solo se acentuará en el contexto del cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de las actividades de investigación de la Red CLIMA (Sub-red de Desarrollo Regional) e proyecto INCT/Odisseia (Observatorio de dinámicas socioambientales: sustentabilidad y adaptación a los cambios climáticos, ambientales y demográficos) dependientes de los Institutos

Nacionales y Programa de Ciencia y Tecnología (Convocatoria INCT – MCTI/CNPq/CAPES/FAPs n.16/2014). Así también, se agradece el apoyo técnico y científico de especialistas de la escuela de salud pública de la Universidad de California, San Diego, CA, USA. Este trabajo fue financiado por la Capes (Coordinación para el Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior), CNPq (Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico) y FAP-DF (Fundación de Apoyo a la Investigación del Distrito Federal).

REFERENCIAS

ALCALÁ, P.; SALLY, E. **Ola de Calor y Medidas a Tomar**: revisión preliminar. Organización Panamericana de la Salud (OPS)/Emergencias en Salud Biblioteca, n. 1, p. 6–8, 2019.

ANDERSON, B. G.; BELL, M. L. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. **Epidemiology**, v. 20, n. 2, p. 205–213, 2009. PMID: 19194300, DOI: <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318190ee08>.

ARMSTRONG, B.; GASPARRINI, A.; HAJAT, S. Estimating mortality displacement during and after heat waves. **Am J Epidemiol.**, v. 179, n. 12, p. 1405–1406. 2009, PMID: 24812157, DOI: <https://doi.org/10.1093/aje/kwu083>.

BASU, R. *et al.* Characterizing Temperature and Mortality in Nine California Counties. **Epidemiology**, p. 138–45, 2008.

BASU, R.; OSTRO, B. D. A Multicounty Analysis Identifying the Populations Vulnerable to Mortality Associated with High Ambient Temperature in California. **American Journal of Epidemiology**, p. 632–76, 2008.

BAUTISTA, F. *et al.* **Software para identificar las tendencias de cambio climático a nivel local**: un estudio de caso en Yucatán, México. 2011. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/revistas>. Acceso en: July 12, 2018.

BERNAL, N. F. *et al.* The Source of Halogens in Geothermal Fluids from the Taupo Volcanic Zone, North Island, New Zealand. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 126, 2014.

CARVER, C.; SHEIER, M. **Red Tercer Milenio Teorías de la Personalidad**. 2014. Disponible en: http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Psicologia/Teorias_de_la_personalidad.pdf. Acceso en: July 12, 2018.

CECCHERINI, G. *et al.* Magnitude and Frequency of Heat and Cold Waves in Recent Decades: the case of South America. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 16, n. 3, p. 821–31, 2016.

CONLON, K. C. *et al.* Maturitas Preventing Cold-Related Morbidity and Mortality in a Changing Climate. **Maturitas**, v. 69, n. 3, p. 197–202, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2011.04.004>.

EBI, K. L. Resilience to the Health Risks of Extreme Weather Events in a Changing Climate in the United States. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 8, n. 12, p. 4582–95, 2011.

FRUMKIN, H. *et al.* Climate Change: the public health response. **American Journal of Public Health**, v. 98, n. 3, p. 435–45, 2008.

GAIVIZZO, L. *et al.* **Resiliência à mudança climática em comunidades de fundo de pasto na região semiárida do estado da Bahia, Brasil**, p. 1–22, 2019.

GARCIA, W. *et al.* **Como o Brasil pode deter a Covid-19**. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v. 29, n. 2, p. 1–8, 2020.

GEIRINHAS, J. *et al.* Science of the Total Environment Characterizing the Atmospheric Conditions during the 2010 Heatwave in Rio de Janeiro Marked by Excessive Mortality Rates. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 796–808, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.060>.

GEIRINHAS, J. Heat-Related Mortality at the Beginning of the Twenty-First Century in Rio de Janeiro, Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 64, p. 1319–32, 2020.

GREEN, D. *et al.* Differential Effects of Temperature Extremes on Hospital Admission Rates for Respiratory Disease between Indigenous and Non-Indigenous Australians in the Northern Territory. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, n. 12, p. 15352–65, 2015.

GUO, Y. *et al.* **Heat wave and mortality: a multicountry, multicomunity study**, p. 1–11, 2015.

GUO, Y. *et al.* Heat Wave and Mortality: a multicountry, multicomunity study. **Environmental health perspectives**, v. 125, n. 8, 2017. 087006. ISSN 0091-676. DOI: 10.1289/EHP1026

HERMUCHE, P. O Rio de São Francisco. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba Potira Mei (Cia. Desenvol. dos Val. do São Fr. e do Parnaíba), 2002, 58 p. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos>. Acesso em: agosto 12, 2018.

IKEFUTI, P. *et al.* **Mean Air Temperature as a Risk Factor for Stroke Mortality in São Paulo**, p. 1535–42, 2018.

KINGDOM, U. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. IPCC. 2011.

LAERTE, J. *et al.* Effect of seasonality in hospitalizations for respiratory disease in the city of Anápolis-GO between 2002 and 2012. **Rev. Educ. Saúde**, v. 4, n. 2, p. 31-42, 2016. Disponível em: <http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/educacaoemsaude/article/view/2014/1796>.

LI, M. *et al.* Heat Waves and Morbidity: current knowledge and further direction-a comprehensive literature review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, n. 5, p. 5256–83, 2015.

LUCCHESI, P. **Informação para tomadores de decisão em saúde pública – ITD Políticas**. Bireme/Opas/OMS Fiocruz Co. 2004.

MACHADO, C. *et al.* Health Policies in Brazil in Times of Contradiction: paths and pitfalls in the construction of a universal system. **Cadernos de Saúde Pública Sup.** v. 2, p. 33, 2017.

MARENGO, J. Impactos de Extremos Relacionados com o Tempo e o Clima. Impactos Sociais e Econômicos. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas – GPMC**, v. 13, n. 8, p. 1–5, 2009.

MARENGO, J. *et al.* Climatic Characteristics of the 2010-2016 Drought in the Semiarid Northeast Brazil Region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973–85, 2018.

MCELROY, S. *et al.* Science of the total environment de fining heat waves and extreme heat events using sub-regional meteorological data to maximize benefits of early warning systems to population health. **Science of the Total Environment**, p. 721, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137678>.

MOURA, M. *et al.* **Rainfall and air temperature spatial variability of the sub-midde San Francisco**. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006. 6p.

NATIONAL, S.; GUERRERO, P. **Impacto de la temperatura y las olas de calor en la mortalidad sobre Europa bajo escenarios de cambio climático**. XI CONGRESO INTERNACIONAL DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CLIMATOLOGÍA (AEC): el clima: aire, agua, tierra y fuego. Normas para la presentación de comunicaciones escritas. (October). 2018.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). **Actualización de la estrategia frente a la Covid-19**. Organización Mundial de la Salud, v. 17, 2020.

PÉRES, W. E. *et al.* The Association between Air Temperature and Mortality in Two Brazilian Health Regions. **Climate** 2020, v. 8, p. 16. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli8010016>

RODRIGUES FILHO *et al.* **O clima em transe**: políticas de mitigação e adaptação no Brasil, 2016.

SARRÓ, R. La aventura como categoría cultural: apuntes simmelianos sobre la emigración subsahariana. **Revista de Ciências Humanas**, v. 43, n. 2, p. 501–21, 2009. Disponible en: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/revistacfh/article/view/2178-4582.2009v43n2p501>.

SHUKLA, A. On the Dynamics of Droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 38, p. 2653–2675, 1981.

SILVA, V. *et al.* Análise da pluviometria e dias chuvosos na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 131–38, 2011.

SILVEIRA, I. *et al.* Science of the total environment the effect of ambient temperature on cardiovascular mortality in 27 brazilian cities. **Science of the Total Environment**, v. 691, p. 996–1004, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.493>.

SURVEILLANCE, COMMUNICABLE DISEASES; Roll Back Malaria. **Using Climate to Predict Infectious Disease Outbreaks**: a review. 2004.

TEIXEIRA, M. O sertão semiárido. Uma relação de sociedade e natureza numa dinâmica de organização social do espaço. **Sociedade e Estado**, v. 31, n. 3, p. 769–80, 2016.

TONG, S. *et al.* Assessing the Short-Term Effects of Heatwaves on Mortality and Morbidity in Brisbane, Australia: comparison of case-crossover and time series analyses. **PLoS ONE**, v. 7, n. 5, 2012.

VAN LINDEN, S. *et al.* The Scientific Consensus on Climate Change as a Gateway Belief: experimental evidence. **PLoS ONE**, v. 10, n. 2, p. 2–9, 2015.

WHO. **Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s**. 2014. Disponible en: <http://www.who.int/globalchange/publications/quantitative-risk-assessment/en/>.

WOLMIR, E. *et al.* **The association between air temperature and mortality in two brazilian health regions**, p. 1–14, 2020.

YANG, J.; CHENGHAO, W. **Population Dynamics Modify Urban Residents' Exposure to Extreme Temperatures across the United States**, p. 3–10, 2019.