



**INSTITUTO DE GEOGRAFÍA**  
FACULTAD DE HISTORIA, GEOGRAFÍA  
Y CIENCIA POLÍTICA

El Boletín Electrónico de Geografía (BeGEO) es una publicación que intenta crear un espacio de difusión de los estudios realizados por los estudiantes del Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

BeGEO reúne artículos originales de alta calidad que son elaborados por los estudiantes de pregrado en las distintas actividades curriculares impartidas por docentes del Instituto de Geografía.

**ISSN 0719-5028**

**[www.geografia.uc.cl](http://www.geografia.uc.cl)**

# BeGEO

Boletín electrónico de Geografía

**BeGEO, 2023, N°11**

## **Análisis comparativo entre mortalidad y urgencias durante olas de calor y propuesta de un índice de vulnerabilidad mediante Evaluación Multicriterio (EMC)**

Karen Belén Saavedra Salazar<sup>1</sup>

### **Resumen**

El aumento de la temperatura global ha provocado las olas de calor más intensas en Chile en la última década. Aunque no se han informado desastres sanitarios, preocupa el impacto en la mortalidad y la atención de urgencia, especialmente para los adultos mayores.

Para responder a dicha interrogante, se compararon datos epidemiológicos de atención de urgencias y mortalidad entre años normales (2016 y 2018) y años con olas de calor (2017 y 2019) en las 34 comunas del Gran Santiago. Se propuso un índice de vulnerabilidad ante olas de calor para adultos mayores utilizando el Método de Evaluación Multicriterio, evaluando datos demográficos, socioeconómicos y ambientales.

Los resultados indicaron aumento en la mortalidad y disminución en las atenciones médicas durante años con olas de calor. Las comunas más vulnerables según el índice fueron Puente Alto, Cerro Navia y San Bernardo. Como medidas de reducción de vulnerabilidad, se sugieren acciones de comunicación, monitoreo, educación y adaptación al cambio.

**Palabras claves:** Olas de calor, Evaluación Multicriterio, Índice de Vulnerabilidad, Geografía de la Salud.

### **Abstract**

The increase in global temperatures and variations in climate patterns have led to more frequent and intense heatwaves in Chile over the last decade. Despite no reported health disasters, concerns have arisen regarding the impact on mortality and emergency care, especially for older adults.

To address this issue, epidemiological data related to emergency care and mortality from circulatory and respiratory diseases were compared between normal years (2016 and 2018) and years with heatwaves (2017 and 2019) for the thirty-four communes of Greater Santiago. Subsequently, a vulnerability index to heatwaves for older adults within Greater Santiago was proposed using the Multicriteria Evaluation Method, evaluating demographic, socioeconomic, and environmental data.

The results revealed an increase in mortality and a decrease in medical care during years with heatwaves. The most vulnerable communes according to the index were Puente Alto, Cerro Navia, and San Bernardo. As vulnerability reduction measures, communication, monitoring, education, and adaptation to change are suggested.

**Keywords:** Heatwaves, Multicriteria evaluation, Vulnerability index, Health Geography.

---

<sup>1</sup>Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile). E-mail: kbsaavedra@uc.cl

## **Cambio climático y eventos extremos**

Desde la década de los ochenta, los efectos del cambio climático se han hecho cada vez más evidentes alrededor del mundo, especialmente con el aumento de eventos de temperaturas extremas que han incrementado en frecuencia e intensidad, del mismo modo que otros eventos climáticos como lluvias abundantes, ciclones tropicales, inundaciones, sequías y olas de calor (Arias et al., 2021; IPCC, 2014).

Entre dichos eventos de temperaturas extremas que van en aumento están las olas de calor. Estos fenómenos meteorológicos han dejado importantes consecuencias en los últimos años tras su paso, como lo fue la ola de calor que azotó a Europa en el año 2003, transformándose en una emergencia sanitaria debido a las importantes cifras de fallecidos a causa de las temperaturas que llegaron a superar los 40°C en España, Portugal, Francia, entre otros países (Fouillet et al., 2008). Otro caso similar fue la ola de calor que sorprendió a la ciudad de Chicago en 1995 y dejó más de 700 fallecidos en menos de tres días, además de provocar daños en infraestructura de transporte, colapsar hospitales y dejar en evidencia que la morbilidad y mortalidad también tiene un factor racial, al ser las personas afroamericanas de nivel socioeconómico más bajo las principales víctimas fatales (Klinenberg, 1999).

### **La definición de una ola de calor**

Las olas de calor, como la mayoría de los eventos climáticos extremos, suelen tener diversas definiciones dependiendo del país que les enfrenta (IPCC, 2018), pues no todos los territorios y su población se ven afectados de la misma manera a este fenómeno meteorológico. El IPCC define olas de calor como “un período de clima anormalmente caluroso” (2018: 551), reconociendo que “las olas de calor y los períodos cálidos tienen definiciones diversas y, en algunos casos, superpuestas” (IPCC, 2018: 551). En el caso de Chile, la definición de ola de calor considera el umbral extremo dentro del evento meteorológico utilizando el método del percentil igual o superior al 90 (Dirección Meteorológica de Chile (DMC), 2020). Para fines de este artículo, se considera como la definición de ola de calor en Chile aquella en la que “la temperatura máxima diaria en una estación meteorológica supera un umbral considerado extremo, por tres días consecutivos o más” (DMC, 2020: 6).

Actualmente, en Chile ya se han comenzado a registrar temperaturas cercanas a los 40°C, como lo fue en Temuco en el año 2019, año de importante presencia de olas de calor en el país debido a una extensa duración de días y sus altas temperaturas diurnas y nocturnas (Instituto de Estadísticas de Chile, 2021). En el caso de la Región Metropolitana, la ocurrencia de estos eventos de temperaturas extremas se ve intensificada por la presencia del fenómeno de Islas de Calor Urbana, que afecta a ciudades densamente pobladas y a sectores industriales como es el caso de las comunas de Quilicura y Huechuraba (Sarricolea & Martín-Vide, 2014).

### **Olas de calor y su efecto en la salud humana**

Las personas no responden de la misma manera a un mismo riesgo climático como en el caso de las olas de calor, pues, aunque la amenaza sea igual para toda una población en un territorio específico, existen ciertos factores que pueden hacer más o menos vulnerable a ciertos grupos por sobre otros. Entre los factores relacionados a la vulnerabilidad frente a las olas de calor se

puede mencionar: el grado de adaptación, factores socioeconómicos, factores fisiológicos y etarios, condiciones médicas, género, consumo de medicamentos, comportamiento (WMO y WHO, 2015) y condiciones ambientales (OPS, 2019). Relacionado a las olas de calor y la salud de las personas Mora et al. (2017) explica cómo olas de calor pueden afectar el organismo humano y ser fatal. A través de mecanismos activados por temperaturas extremas, los principales órganos del cuerpo humano como corazón, pulmones, páncreas, hígado, riñón, intestinos y cerebro pueden verse afectados y generar daños a nivel celular, neurológico, arterial, entre otros (Mora et al., 2017). Este trabajo ilustra los daños sistémicos que puede llegar a provocar en la población vulnerable, como aquellos cuya capacidad termorreguladora es más débil como los adultos mayores, niños y personas con enfermedades de base, así como también de aquellos que no necesariamente tengan problemas en su capacidad termorreguladora pero que, dependiendo de otros factores, se encuentran en vulnerabilidad frente a olas de calor (Mora et al., 2017).

En adición al trabajo de Mora et al. (2017), investigaciones como la de Ingole et al. (2020), Tran et al. (2020) y Zhu et al. (2014) estudian la distribución espacial de la vulnerabilidad por olas de calor a través de distintas variables demográficas, socioeconómicas, ambientales e incluso a través de datos epidemiológicos como cifras de mortalidad y urgencias por distintas enfermedades crónicas (Ying y Wang, 2017), como cardiovasculares y respiratorias por ser factores de vulnerabilidad para las personas frente a estos eventos climáticos.

Dichos trabajos han servido como base para plantear y llevar a cabo esta investigación desde un enfoque de la Geografía de la Salud. Una disciplina histórica dentro de la Geografía que ha sido poco explorada en el país en relación a eventos climáticos, pero que tiene como objetivo estudiar las condiciones de vida de las personas, el grado de calidad de esta a través de la inclusión de enfermedades y muertes en ciertos espacios, por medio de indicadores que miden la relación de la salud y su espacialidad (Iñiguez, 1998).

## **Metodología**

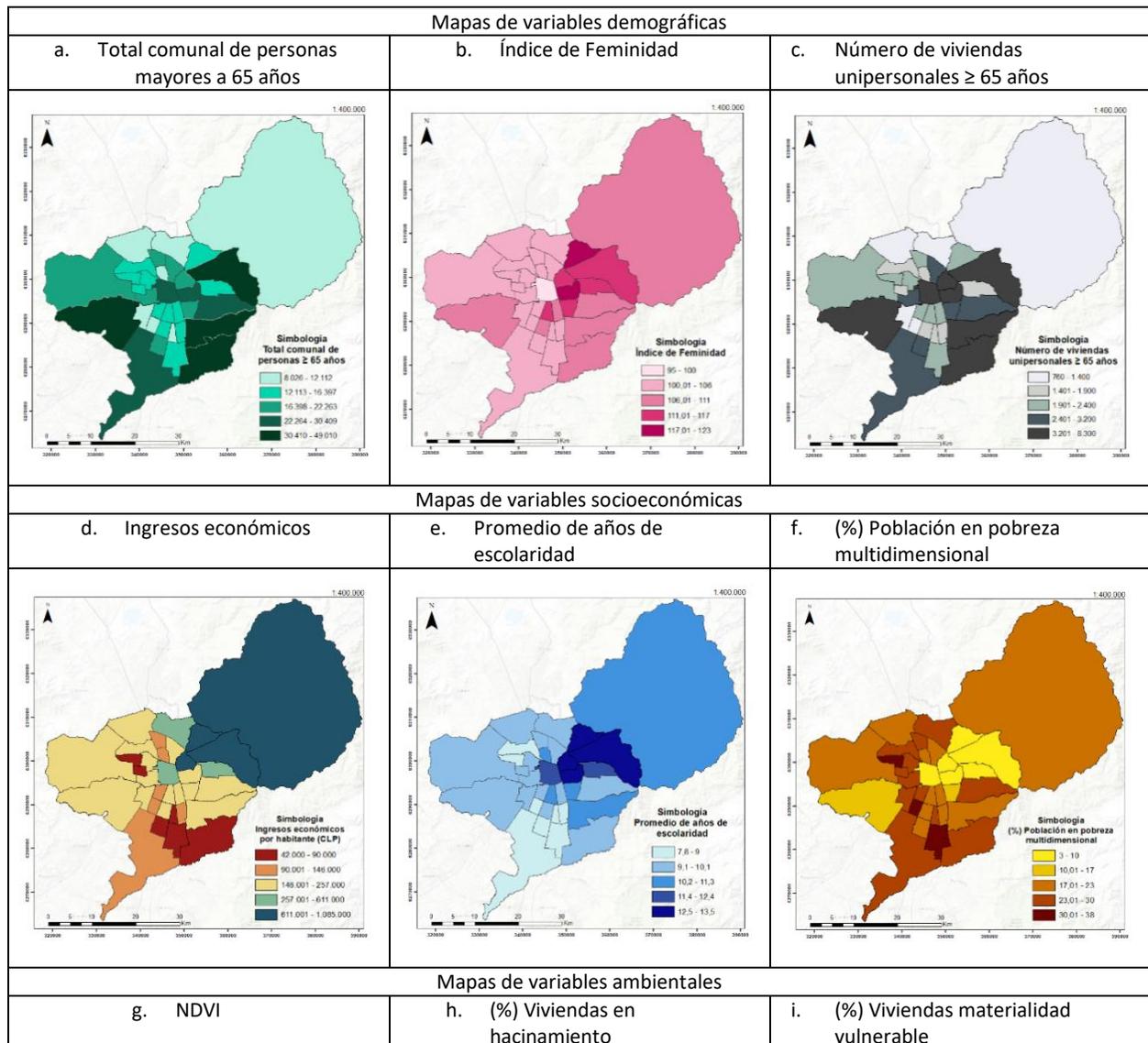
Para estudiar las olas de calor desde la perspectiva de la Geografía de la Salud, se propuso una metodología del tipo mixto con preponderancia cuantitativa, debido a que se trabajó el análisis comparativo con datos epidemiológicos, la evaluación de la vulnerabilidad con datos espaciales y la participación de tres expertos en salud/salud pública, y finalmente la propuesta de medidas para reducir la vulnerabilidad ante olas de calor.

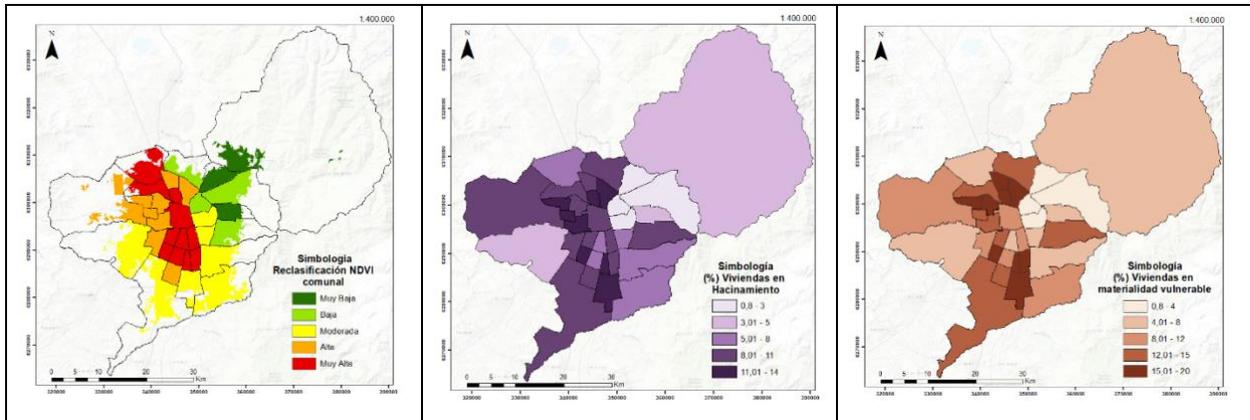
La primera etapa metodológica trata la comparación de atenciones por urgencia y la mortalidad por enfermedades del sistema respiratorio y circulatorio de las personas mayores de 65 años en las treinta y cuatro comunas del Gran Santiago, entre años normales y años con olas de calor. Para ello, se utilizaron los datos de mortalidad diaria para enero del periodo 2016-2019 y su clasificación CEI-10 por enfermedades del sistema circulatorio y respiratorio. Junto con ello, se utilizaron los datos de atención por urgencia por las mismas enfermedades crónicas dentro del mismo periodo temporal.

La segunda etapa comprende la construcción de un índice de vulnerabilidad por medio de Evaluación Multicriterio, utilizando nueve variables agrupadas en variables demográficas tales

como; a. Total de personas mayores a 65 años, b. Número de viviendas unipersonales para mayores de 65 años y c. Índice de feminidad. Variables socioeconómicas, como: d. Ingresos económicos, e. Promedio de años de escolaridad y f. Porcentaje de población en pobreza multidimensional. Y finalmente, variables ambientales tales como; g. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), h. Porcentaje de viviendas en hacinamiento e i. Porcentaje de viviendas en materialidad vulnerable. Todas estas variables fueron escogidas en base a diferentes estudios de vulnerabilidad frente a olas de calor mencionados anteriormente y su distribución espacial a nivel comunal está disponible a continuación (ver Figura 1).

Figura 1. Mapas de variables por categoría





Fuente: Elaboración propia (2023).

Para trabajar los datos de las variables dentro de un modelo EMC fue necesario aplicar una normalización de valoración común en cinco categorías, basado en análisis de vulnerabilidad ante otros eventos climáticos extremos (Cajigal y Maldonado, 2019). Las valoraciones en 5 clases van desde la categoría Muy baja, representando la probabilidad más baja de que una persona perteneciente a dicho rango de vulnerabilidad se vea afectado frente a este evento climático extremo y la cual se le ha otorgado una puntuación de 1, hasta la categoría Muy Alta, donde la persona dentro de dicho rango pertenece al grupo más afectado durante una ola de calor y a la cual se le ha otorgado una puntuación de 5.

Posterior a la normalización de las variables, estas fueron sometidas a una sumatoria lineal ponderada donde se les otorgaron pesos de acuerdo con lo respondido por las expertas en salud/salud pública por medio del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), obteniendo así los valores comunales que constituyen el índice de vulnerabilidad frente a las olas para las treinta y cuatro comunas del Gran Santiago. Para validar los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad, se usaron las cifras de mortalidad y atención por urgencia por comuna obtenidos previamente para los periodos de olas de calor ocurridos en enero del 2017 y 2019 junto con las cifras del índice elaborado para cada comuna. Debido a la no distribución normal de los datos epidemiológicos, se utilizó la correlación no paramétrica de *Spearman*. Con el propósito de valorar la magnitud del coeficiente de correlación obtenido, se calculó el coeficiente de determinación comprendido como el valor de  $\rho^2$  y expresado en porcentajes.

Con fines de complementar los resultados del coeficiente de correlación entre el índice propuesto y los datos epidemiológicos de enero en los años con olas de calor, se realizó un análisis comparativo respecto de la distribución espacial de los datos totales de urgencias y mortalidad para cada comuna frente a la distribución espacial del índice, con el fin de constatar las similitudes y diferencias entre las comunas con mayores cifras y su posición en el índice de vulnerabilidad.

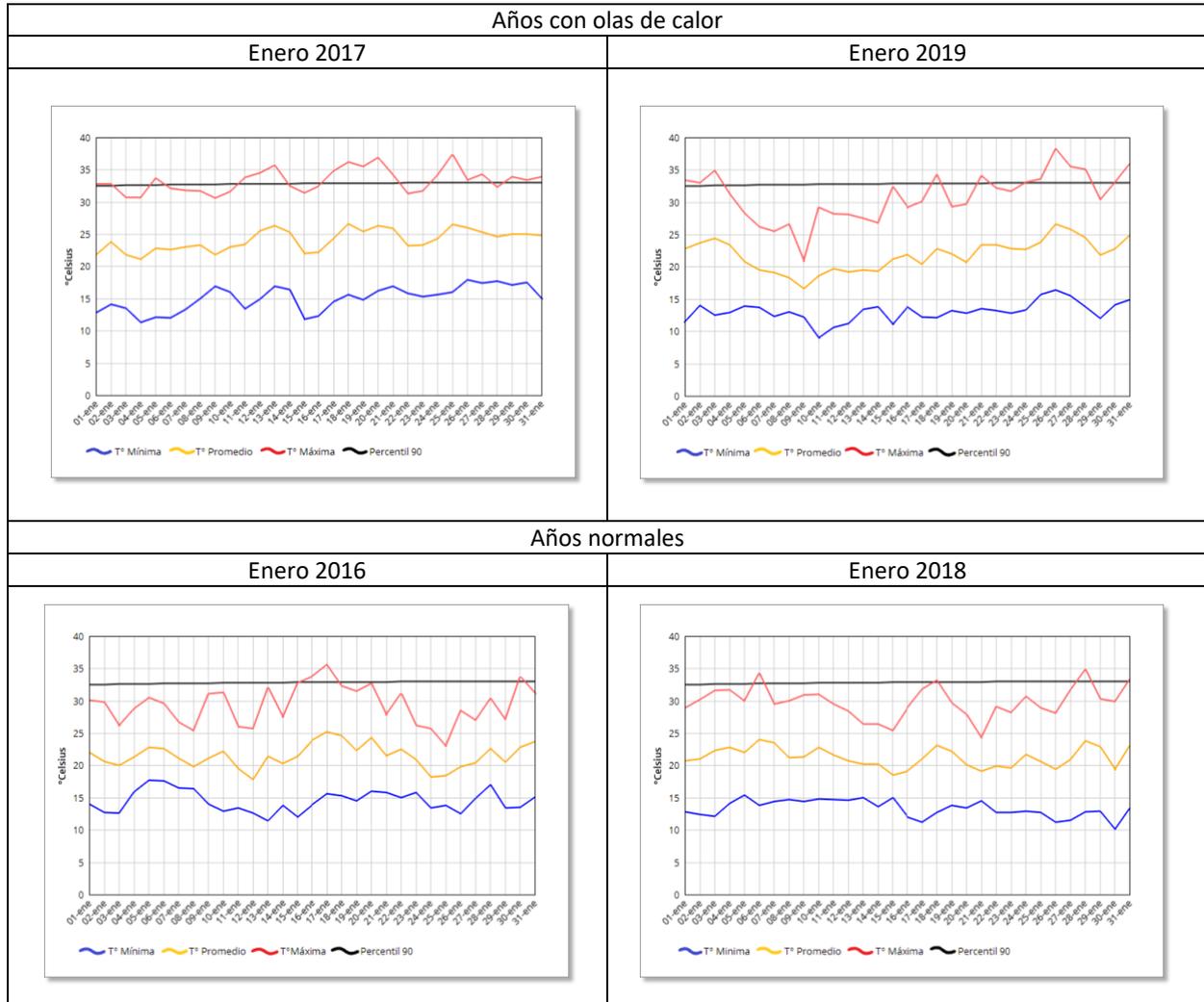
Finalmente, se consultó bibliografía relacionada al tema de riesgos climáticos por olas de calor y planes de olas de calor, en conjunto con una encuesta a expertas en salud pública, con el fin de elaborar medidas que ayuden a reducir la vulnerabilidad de las comunas del Gran Santiago.

**Resultados**

*Análisis comparativo de datos epidemiológicos*

Como contexto, el comportamiento de las temperaturas del mes de enero para los años con olas de calor y años normales se encuentran expuestos en la siguiente figura (ver Figura 2).

Figura 2. Temperaturas diarias para el mes de enero periodo 2016-2019



Fuente: Elaborado con datos de DMC (2022).

A partir de la revisión de los resultados obtenidos, se aprecia una predominancia de las causas respiratorias por sobre las circulatorias para las atenciones por urgencias diarias registradas para todo el periodo 2016 – 2019 (ver Cuadro 1)

Cuadro 1. Urgencias diarias por enfermedad en enero para el periodo 2016 al 2019

Año	Urgencias respiratorias	Urgencias circulatorias	Total urgencias
2016	6.022	3.807	9.829
2017	6.232	3.233	9.465
2018	6.461	3.717	10.178
2019	5.934	3.692	9.626

Fuente: Elaboración propia con datos de la Subsecretaría de Salud Pública (2022).

Por el contrario, en el caso de la mortalidad el escenario es opuesto, siendo predominante la mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio por sobre la mortalidad de enfermedades del sistema respiratorio (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Resumen de mortalidad entre el periodo de estudio 2016-2019

Año	Mortalidad enfermedades respiratorias	Mortalidad enfermedades circulatorias	Mortalidad total
2016	200	616	816
2017	251	634	885
2018	228	552	780
2019	242	563	805

Fuente: Elaboración propia con datos de la Subsecretaría de Salud Pública (2022).

Respecto a las urgencias, sólo las admisiones por enfermedades del sistema respiratorio para el año 2017 presenta un incremento en sus cifras, lo cual no es muy significativo al calcular la variación porcentual del acumulado de urgencias para ambas enfermedades, ya que sigue predominando un patrón de disminución en años con olas de calor y aumento en años sin registros de estos fenómenos. En cuanto a las variaciones porcentuales de ambos tipos de urgencias diarias, no se observa un patrón de aumento durante años de olas de calor esperado como sí lo hace la mortalidad (ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Variación porcentual de urgencias en enero para el periodo 2016 al 2019

Periodo	Urgencias respiratorias	Urgencias circulatorias	Urgencias totales
2016-2017	3% ↑	-15% ↓	-4% ↓
2017-2018	4% ↑	15% ↑	8% ↑
2018-2019	-8% ↓	-1% ↓	-5% ↓

Fuente: Elaboración propia con datos del DEIS (2022).

Respecto a la variación porcentual para la mortalidad por enfermedades respiratorias (ver Cuadro 4), se observa un patrón de aumento de casos desde los años sin olas de calor hacia los años que sí registran este fenómeno climático, siendo la variación más significativa el aumento del 26% en el periodo 2016-2017. Por lo que se refiere a la variación porcentual de la mortalidad en enfermedades circulatorias (ver Cuadro 4), nuevamente se aprecia el patrón de aumento y disminución entre años sin registros de olas de calor y años con ola de calor para enero, siendo la variación más significativa la disminución de un 13% entre el periodo 2017-2018.

Cuadro 4. Variación porcentual anual de mortalidad para enfermedades respiratorias y circulatorias

Periodo	Mortalidad enfermedades respiratorias	Mortalidad enfermedades circulatorias	Mortalidad total
2016-2017	26% ↑	3% ↑	8% ↑
2017-2018	-9% ↓	-13% ↓	-12% ↓
2018-2019	6% ↑	2% ↑	3% ↑

Fuente: Elaboración propia con datos de la Subsecretaría de Salud Pública (2022).

Al consultar los resultados de otros estudios que, de manera similar, tiene como objeto de estudio la mortalidad y atenciones por urgencia durante olas de calor como los trabajos de Xu et al. (2016), Oray et al. (2018) y Arsad et al. (2022), es posible observar la concordancia entre ellos respecto a que las admisiones de urgencia y la mortalidad tienden a crecer durante periodos de calor extremo. Sin embargo, para el caso del Gran Santiago, sólo la mortalidad presenta un incremento de sus casos registrados para periodos con presencia de olas de calor. Un resultado similar al estudio de Chesini et al. (2019), donde la mortalidad analizada para la ciudad de Buenos Aires presentó significativos aumentos durante épocas de olas de calor, especialmente para las defunciones por enfermedades cardiacas y respiratorias.

#### *Índice de vulnerabilidad por EMC*

Tras obtener los datos absolutos de las nueve variables escogidas, se procedió a normalizar los valores de acuerdo con las cinco categorías de vulnerabilidad con puntuación del 1 al 5. Una vez obtenidos los valores normalizados para las nueve variables de las treinta y cuatro comunas, se procedió a multiplicar cada valor por su peso asignado en el método de AHP (ver Cuadro 5), integrándolos a una sumatoria lineal ponderada para cada comuna.

Cuadro 5: Variables y sus pesos designados por AHP

VARIABLES	Peso
Total personas ≥ 65 años	0,258
Índice de Feminidad	0,042
Viviendas unipersonales ≥ a 65 años	0,035
Ingresos económicos (CLP)	0,162
Promedio de años de escolaridad	0,082
% Pobreza multidimensional	0,164
NDVI	0,063
% Viviendas en Hacinamiento	0,083
% Viviendas de materialidad vulnerable	0,110
TOTAL	1,00

Fuente: Elaboración propia (2023).

A partir de los resultados obtenidos en la sumatoria lineal ponderada, se conforma el índice de vulnerabilidad frente a las olas de calor para las treinta y cuatro comunas del Gran Santiago, representados dentro de la cartografía en la Figura 30 (ver Figura 3).

En ella, las comunas más vulnerables para la población mayor a 65 años se encuentran simbolizadas de color rojo, las de moderada vulnerabilidad de color amarillo y las de menor vulnerabilidad de color verde.

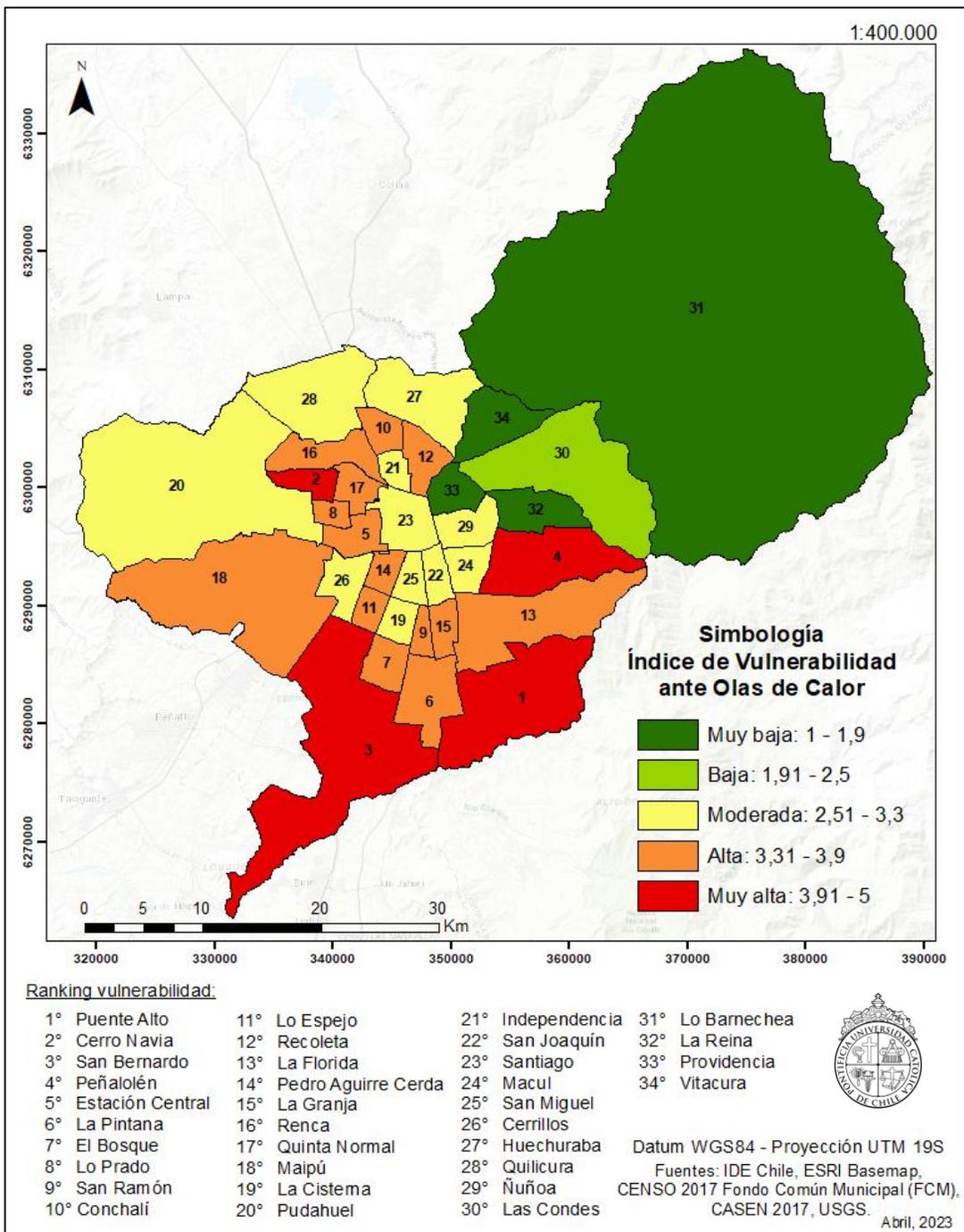
Los números en la cartografía representan la posición de cada comuna en cuanto a vulnerabilidad, donde las posicionadas como más vulnerables ante la ocurrencia de este fenómeno climático son Puente Alto con 4,15, Cerro Navia con 3,96 y San Bernardo con 3,93 (ver Figura 3).

Es posible identificar que las comunas ubicadas en el sector nororiente dentro del Gran Santiago clasificadas por el índice en las categorías de más baja a baja vulnerabilidad frente a las olas de calor, coinciden con ser algunas de las comunas con: menor hacinamiento, menor vulnerabilidad en la materialidad de sus viviendas, menor pobreza multidimensional, mayores ingresos, mayor promedio de escolaridad y mayor cantidad de áreas verdes promedio, entre otras de las variables estudiadas, como lo es el caso de la comuna Lo Barnechea y Vitacura, la comuna menos vulnerables según el índice.

En el caso de las comunas definidas como más vulnerables, Puente Alto y Cerro Navia se posicionaron en los primeros lugares de las variables normalizadas con mayor peso asignado, como las variables Total personas  $\geq$  65 años e Ingresos económicos en el caso de Puente Alto, y las variables de Porcentaje de pobreza multidimensional y de Porcentaje de materialidad vulnerable para la comuna de Cerro Navia. Distinto fue el caso de la comuna de San Bernardo, la cual se encuentra en tercer lugar de vulnerabilidad de acuerdo con el índice, mientras que su posición era diferente en las nueve variables y no alcanzó la primera posición en ninguna.

Finalmente, a partir del índice elaborado se desprende que un 15% de las comunas del Gran Santiago se encuentran en situación de vulnerabilidad muy baja y baja ante las olas de calor, un 32% está en situación de vulnerabilidad moderada y un 53% se encuentra en situación de alta y muy alta vulnerabilidad frente a este fenómeno meteorológico.

Figura 3. Mapa de índice de vulnerabilidad ante a las olas de calor para el Gran Santiago



Fuente: Elaboración propia (2023).

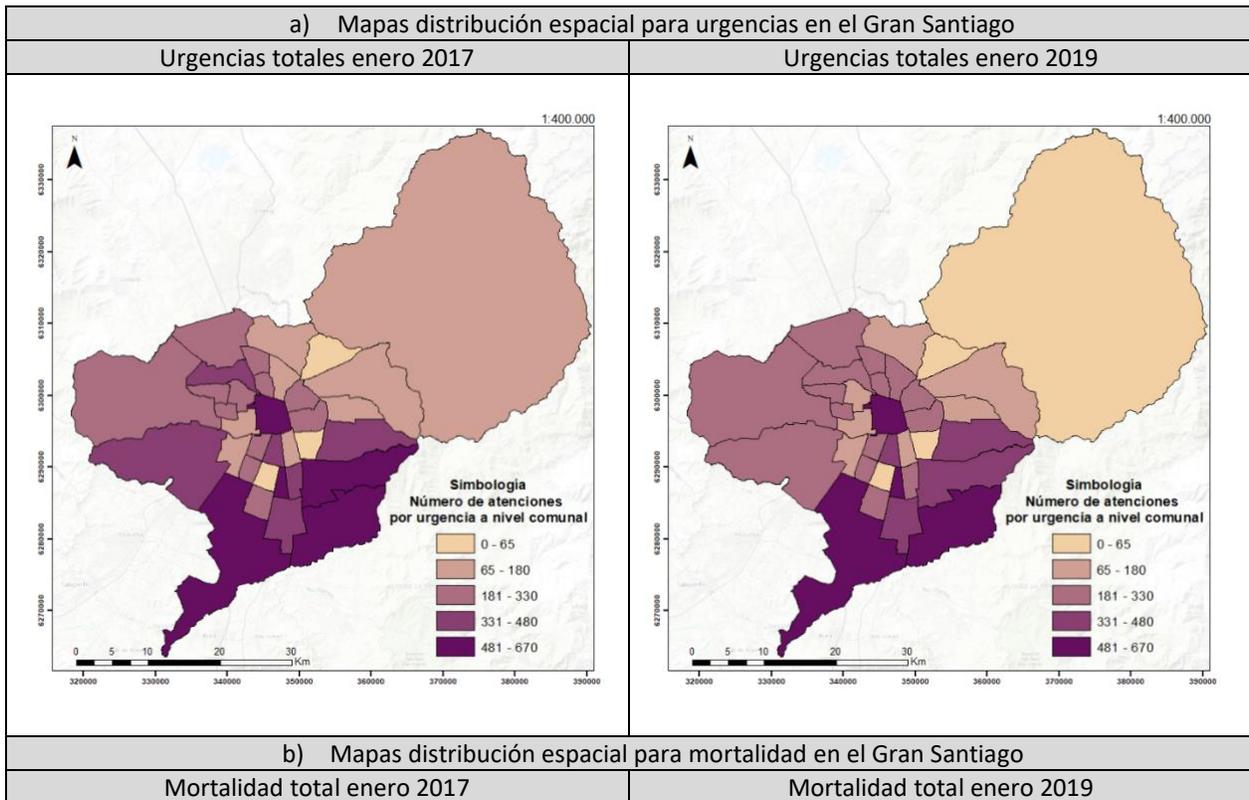
*Análisis comparativo entre índice y datos epidemiológicos*

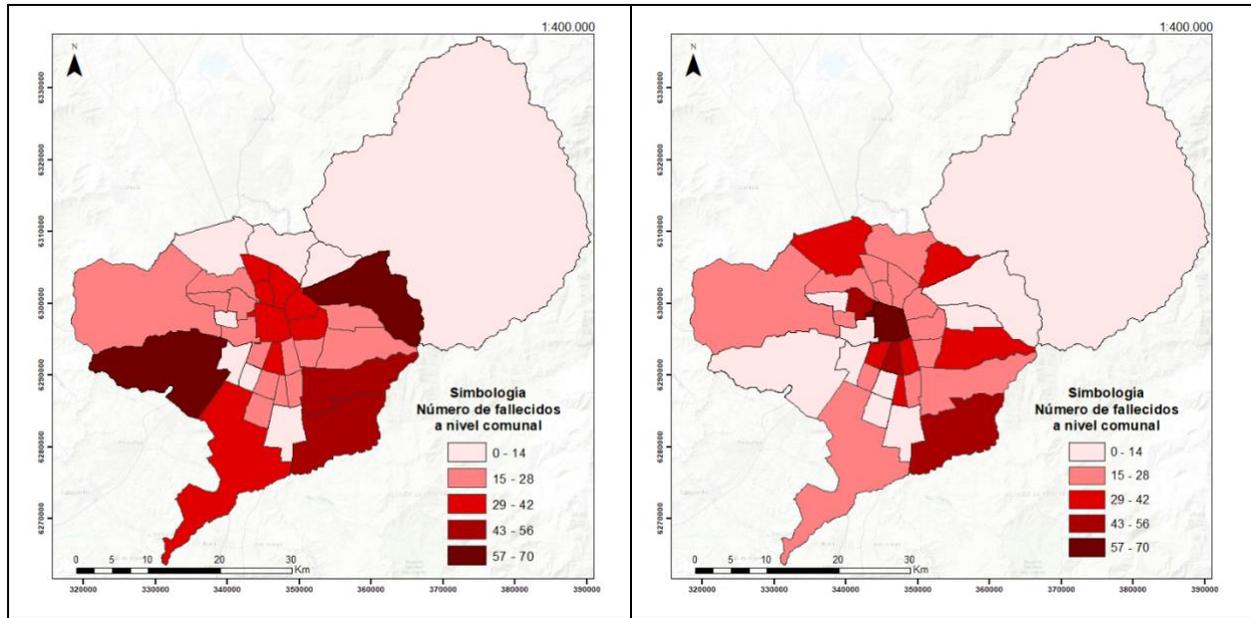
Al comparar los patrones espaciales de las atenciones por urgencia (ver Figura 4a) con la distribución espacial construida a raíz del índice elaborado, las altas cifras de urgencias totales de Puente Alto y San Bernardo coinciden con su clasificación de comunas en muy alta vulnerabilidad y de muy baja vulnerabilidad para la comuna de Vitacura.

Resulta relevante el caso de la comuna de Santiago, ya que, se encuentra dentro de los tres primeros lugares con mayores admisiones por urgencia para ambos años, más su clasificación dentro del índice es de vulnerabilidad moderada y ocupa el vigesimotercer lugar en el ranking.

Respecto de la distribución espacial de la mortalidad total entre ambos años (ver Figura 4b) y la resultante del índice por EMC, no se advierte un patrón similar generalizado que se mantenga tanto para el año 2017 como para el año 2019. Sin embargo, se observa un aumento de casos de fallecidos en las comunas céntricas definidas con vulnerabilidad moderada, al mismo tiempo que se distingue una reducida disminución de casos entre 2017 y 2019 para comunas definidas por el índice con vulnerabilidad alta y muy alta, concentradas mayoritariamente en dirección suroeste-sureste del Gran Santiago.

Figura 4. Distribución espacial datos epidemiológicos para años con olas de calor





Fuente: Elaboración propia (2023).

Con respecto a los resultados de correlación entre el índice y los datos epidemiológicos, se desprende que ambas están en una correlación con la misma dirección al ser positivas. No obstante, solo la correlación entre el índice elaborado y las urgencias totales para ambos años con presencia de olas de calor tiene una significancia estadística, debido a que el valor de p para la correlación entre el índice y los datos de mortalidad total de ambos años supera los 0,05 (ver Cuadro 6)

Cuadro 6. Resultados coeficiente de correlación de Spearman

Datos epidemiológicos	Correlación con índice (valor de rho)	Significancia bilateral con índice (valor de p<0,05)
Urgencias totales 2017	0,519	0,002
Urgencias totales 2019	0,567	0,00
Mortalidad total 2017	0,103	0,561
Mortalidad total 2019	0,161	0,363

Fuente: Elaboración propia (2023).

Esto se puede ver reflejado en la distribución espacial tanto del índice como de las urgencias y defunciones totales para ambos años, donde las urgencias mantienen patrones de las comunas con mayores admisiones tanto para enero del 2017 como del 2019 y las cuales coinciden con las comunas clasificadas con vulnerabilidad muy alta por el índice.

Diferente es el caso de la distribución espacial de las defunciones en enero del 2017 y del 2019, donde solo Puente Alto coincide con la distribución espacial y clasificación de vulnerabilidad que propone el índice.

A pesar de los resultados de la correlación entre el índice y la mortalidad para los años con olas de calor, Morales (2011) explica dentro de los conceptos de este coeficiente, que la misma dirección positiva de la correlación entre las variables marca un precedente que se puede valorizar a pesar de no ser estadísticamente significativo. Dicho esto, el autor sugiere proponer como hipótesis que la correlación entre el índice y la mortalidad sería estadísticamente significativa si se aplica el coeficiente a una muestra de mayor tamaño para la mortalidad (Morales, 2011).

### *Propuestas de medidas para reducir vulnerabilidad en las comunas del Gran Santiago*

A partir de planes de respuestas frente a olas de calor elaborados por otros países, como de las respuestas de las expertas en salud y bibliografía afín a la reducción de la vulnerabilidad frente al calor extremo, se proponen las siguientes medidas para las comunas del Gran Santiago;

1. Iniciar la temporada de preparación frente a las temperaturas extremas un mes antes del inicio del verano, como lo hacen España e Inglaterra (Ministerio de Sanidad, 2022; NHS England, 2015) con el fin de enfocar esfuerzos en campañas de comunicación, educación y monitoreo, tanto para la población vulnerable, como para los funcionarios de servicios sociales y la población en general.
2. La elaboración de comisiones de trabajo interministerial que involucren al Ministerio de Salud, de Vivienda, Transporte y Obras Públicas, Desarrollo Social, Energía y Medio Ambiente con el fin de redactar planes sectoriales con acciones que busquen no solo la prevención del riesgo, sino también la reducción de vulnerabilidad desde sus departamentos.
3. Coordinar los trabajos de preparación y de respuesta ante las posibles emergencias frente a olas de calor en el sector de salud, liderada por el Ministerio de Salud y ejecutada a través de sus dependientes; la Subsecretaría de Salud Pública, la Subsecretaría de Redes Asistenciales y la Subsecretaría Regional. Se debe dar énfasis sobre todo al apoyo y trabajo coordinado para el nivel de atención primaria compuestos por; Centros y hospitales comunitarios, Centros de Salud, Consultorios y Postas, como los CESFAM, y los Servicios de Urgencia de APS (Atención Primaria en Salud), como los SAPU y SAR (Aguilera et al., 2019). Estos servicios son cruciales en la preparación previa y en la respuesta ante la emergencia, ya que son la red con mayor cobertura de atención hacia la población, posicionándose en un rol de “primera línea” ante emergencias de cualquier índole. Su labor frente a estos eventos es de estabilización y/o derivación a centros de segundo y tercer nivel si se requiere un nivel de especialización mayor, convirtiéndolos en actores claves para la planificación y ejecución de planes preventivos, sobre todo dentro de la población de adultos mayores.
4. Modificaciones a los PRC y PLADECO de las comunas para destinar zonas de uso recreativo pertenecientes a las municipalidades como zonas potenciales de áreas verdes, con el fin de aumentar estratégicamente la presencia focos de vegetación en comunas donde el crecimiento urbano se ha apoderado de estos espacios, creando manchas de infraestructura con poca capacidad reflectiva de radiación solar.
5. Bajo la misma premisa, estudiar los costos y beneficios a largo plazo para integrar en el Gran Santiago las medidas de los “Vecindarios Fríos” que ha puesto en práctica la ciudad de Nueva York, con la creación de techos y pavimentos fríos. Dicha medida de planificación urbana involucra la directa participación y del Ministerio de Obras Públicas y las municipalidades.

6. En vista del lanzamiento del Código Rojo desde el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago en diciembre del 2022 con un protocolo frente a temperaturas extremas, se propone trabajar en la inclusión de los *cooling center* como una forma de disponer de lugares de resguardo a la población frente a las sostenidas temperaturas extremas (Widerynski et al., 2017), ya sea desde el trabajo voluntario de instituciones como la Cruz Roja Chilena, la alianza con entidades privadas como centros comerciales que tengan aire acondicionado, e incluso con el antecedente de la Resolución Exenta N°0110 que aprueba el Manual de orientaciones y estándares técnicos para el componente de invierno del Programa Noche Digna del Ministerio de Desarrollo Social y Familia (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021) se podría crear su equivalente al programa del Código Rojo, proponiendo las orientaciones para establecer lugares como albergues durante olas de calor.

Por último, estas medidas deben trabajar en conjunto con lo decretado en la Ley 21.364 que crea el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED) donde se establecen los instrumentos para la reducción del riesgo de desastre, como la redacción de Planes Específicos de Emergencias por Variable de Riesgo y dentro de los cuales no se encuentra publicado a la fecha uno para el riesgo por olas de calor. Estos planes específicos derivan del compromiso asumido por Chile en la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) dispuestos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en el Acuerdo de París del año 2015 y en el cual, acorde a su última actualización en el 2020, se anunciaba que dichos planes específicos para cada variable de riesgo debían estar formulados al finalizar el año 2022 (Gobierno de Chile, 2020).

### **Conclusiones y recomendaciones**

El presente trabajo establece un antecedente de análisis exploratorio epidemiológico relacionado a olas de calor para las personas mayores de 65 años que no se había hecho hasta ahora en el Gran Santiago, lo cual prepara el camino para otras investigaciones en el futuro, con metodologías más complejas, con un volumen mayor de datos para trabajar y desde un periodo más extenso de estudio, como 10 o 20 años, para poder evidenciar de mejor manera la evolución de la mortalidad y las atenciones con urgencia en conjunto con la evolución del fenómeno meteorológico que son las olas de calor.

Del mismo modo, el índice de vulnerabilidad frente a olas de calor construido en este trabajo establece un punto de partida para más adelante seguir fortaleciendo dicho instrumento, agregando más variables que para efectos de esta investigación no se consideraron pero que están presentes en el Gran Santiago y que influyen considerablemente en la ocurrencia de las olas de calor, como el comportamiento de las olas de calor en distintas partes del Gran Santiago, los efectos de la isla de calor, la cantidad de enfermos crónicos por comuna, entre otros. Como se pudo ver en los resultados, la distribución espacial de los datos de morbilidad y mortalidad difieren en algunos casos del índice elaborado, lo que puede indicar la necesidad de otorgar distintos pesos a las variables ya utilizadas o la falta de otras variables para recalcularse el índice.

El riesgo que presentan las olas de calor para la población chilena, sobre todo para los adultos mayores que son considerados en situación de vulnerabilidad frente a este fenómeno, irá en

incremento año a año debido al escenario climático que se está viviendo a nivel planetario. Por lo tanto, resulta imperativo que la academia se involucre con mayor conocimiento y también contribuya en la planificación territorial sostenible hacia la adaptación del cambio climático en miras de identificar y explorar aquellos factores que pueden aumentar la resiliencia de la población.

Se recomienda seguir profundizando en esta investigación, ya sea bajo los métodos de AHP y Evaluación Multicriterio o utilizando otros métodos, para crear un índice de vulnerabilidad ante olas de calor a nivel general para toda la Región Metropolitana. Apuntando también a que en un futuro pueda ser aplicable a todas las regiones del país, con el fin de tener una herramienta sustancial que logre integrar a Chile en la adaptación frente al cambio climático. Por otro lado, se recomienda incrementar la cantidad de datos de olas de calor tanto en su extensión mensual como en cantidad de años, ampliando el rango de datos a la totalidad de las olas de calor ocurridas desde el inicio hasta el fin de la época estival.

Del mismo modo, se recomienda incrementar la cantidad de datos epidemiológicos, ya sea extendiendo su temporalidad de igual manera que con los datos de las olas de calor, o incluyendo cifras de otras enfermedades crónicas que intensifican la vulnerabilidad de los adultos mayores frente a la ocurrencia de este fenómeno meteorológico, como es el caso de la diabetes, la obesidad y ciertos trastornos neurológicos.

Finalmente, se recomienda con suma urgencia que la disciplina de la Geografía de la Salud en Chile tome mayor relevancia en este tipo de problemáticas, sobre todo ligado a riesgos meteorológicos. Es fundamental la visión interdisciplinaria que puede y debe contribuir la geografía en el planeamiento urbanístico y en la gobernanza desde las distintas escalas operativas dentro del país, sobre todo, pensando en el sector de la salud pública.

### Referencias bibliográficas

AGUILERA, X., CASTILLO, C., COVARRUBIAS, T., DELGADO, I., FUENTES, R., GÓMEZ, M. I., GONZÁLEZ, C., HIRMAS, M., MATUTE, I., OLEA, A., QUIROGA, A., URREJOLA, O., y SOTO, M. (2019). Estructura y funcionamiento del sistema de salud chileno. <https://medicina.udd.cl/files/2019/12/Estructura-y-funcionamiento-del-sistema-de-salud-chileno-2019.pdf>

ARIAS, P. A., BELLOUIN, N., COPPOLA, E., JONES, R. G., KRINNER, G., MAROTZKE, J., NAIK, V., PALMER, M. D., PLATTNER, G.-K., ROGELJ, J., ROJAS, M., SILLMANN, J., STORELVMO, T., THORNE, P. W., TREWIN, B., RAO, K. A., ADHIKARY, B., ALLAN, R. P., ARMOUR, K., ZICKFELD, K. (2021). Technical Summary. En V. MASSON-DELMOTTE, P. ZHAI, A. PIRANI, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J. B. R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU, & B. ZHOU (Editores), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_TS.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf)

ARSAD, F. S., HOD, R., AHMAD, N., ISMAIL, R., MOHAMED, N., BAHAROM, M., OSMAN, Y., RADI, M. F. M., & TANGANG, F. (2022). The Impact of Heatwaves on Mortality and Morbidity and the Associated Vulnerability Factors: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph192316356>

CAJIGAL, ERICK, Y MALDONADO ANA LUCÍA. Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones. Un ejercicio emergente ante el cambio climático. *Economía, Sociedad y Territorio*. 2019, 19(61), 543-574. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11162841009>

DEIS. (2022). Atenciones de Urgencia - Vista Diaria. <http://cognos.deis.cl/ibmcognos/cgi-bin/cognos.cgi#>

DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. (2020). Informe Técnico - Olas de Calor en Chile: Una nueva metodología para el estudio y monitoreo de los eventos de altas temperaturas. <https://climatologia.meteochile.gob.cl/publicaciones/olasDeCalor/informeOladecalorMetodologia.pdf>

DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. (2022). Resumen Anual de las Olas de Calor de la Estación. Servicios Climáticos. <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2023/330020>

FOUILLET, A., REY, G., WAGNER, V., LAAIDI, K., EMPEREUR-BISSONNET, P., LE TERTRE, A., FRAYSSINET, P., BESSEMOULIN, P., LAURENT, F., DE CROUY-CHANEL, P., JOUGLA, E., & HÉMON, D. (2008). Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. *International Journal of Epidemiology*, 37(2), 309–317. <https://doi.org/10.1093/ije/dym253>

GOBIERNO DE CHILE. (2020). Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) - Actualización 2020. [https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC\\_Chile\\_2020\\_español-1.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_español-1.pdf)

INGOLE, V., MARÍ-DELL'OLMO, M., DELUCA, A., QUIJAL, M., BORRELL, C., RODRÍGUEZ-SANZ, M., ACHEBAK, H., LAUWAET, D., GILABERT, J., MURAGE, P., HAJAT, S., BASAGAÑA, X., y BALLESTER, J. (2020). Spatial variability of heat-related mortality in Barcelona from 1992-2015: A case crossover study design. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17072553>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. (2021). Olas de calor en Chile aumentaron de 9 a 62 en las últimas diez temporadas. <https://www.inec.cl/prensa/detalle-prensa/2021/01/22/olas-de-calor-en-chile-aumentaron-de-9-a-62-en-las-últimas-diez-temporadas>

IÑIGUEZ, L. (1998). Geografía y salud: temas y perspectivas en América Latina. *Cadernos de Saúde Pública*, 14(4), 701–711. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x1998000400012>

IPCC. (2014). Informe del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

IPCC. (2018). Annex I: Glossary. J. B. Matthews (Editor): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change.

KLINENBERG, E. (1999). Denaturalizing disaster: A social autopsy of the 1995 Chicago heat wave. *Theory and Society* 28:2, 28(2), 239–295. <https://doi.org/10.1023/A:1006995507723>

MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y FAMILIA. (2021). *Aprueba Manual de Orientaciones y Estándares Técnicos para el Componente Plan de Invierno del Programa Noche Digna*. [https://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/storage/docs/noche\\_digna/REX\\_110\\_Manual\\_PI\\_2\\_021.pdf](https://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/storage/docs/noche_digna/REX_110_Manual_PI_2_021.pdf)

MINISTERIO DE SANIDAD. (2022). *Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud*. [https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltasTemp/2022/docs/Plan\\_Calor\\_2022.pdf](https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltasTemp/2022/docs/Plan_Calor_2022.pdf)

MORA, C., COUNSELL, C. W. W., BIELECKI, C. R., y LOUIS, L. V. (2017). Twenty-seven ways a heat wave can kill you: Deadly heat in the era of climate change. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, 10(11). <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.117.004233>

MORALES, P. (2011). El coeficiente de correlación. *Universidad Rafael Landívar*. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)82472-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)82472-3)

NHS ENGLAND. (2015a). *Heatwave plan for England: Protecting health and reducing harm from severe heat and heatwaves*. Public Health England. [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1096593/heatwave-plan-for-England-2022-5-August-2022.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1096593/heatwave-plan-for-England-2022-5-August-2022.pdf)

ORAY, N. C., ORAY, D., AKSAY, E., ATILLA, R., y BAYRAM, B. (2018). The impact of a heat wave on mortality in the emergency department. *Medicine (United States)*, 97(52). <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000013815>

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). (2019). *Ola de Calor y Medidas a Tomar*. In *Organización Panamericana de la Salud (OPS) (Vol. 1, Issue 1)*. [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_docman&view=download&slug=ola-de-calor-y-medidas-a-tomar-revision-preliminar&Itemid=270&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&slug=ola-de-calor-y-medidas-a-tomar-revision-preliminar&Itemid=270&lang=es)

SARRICOLEA, P., y MARTÍN-VIDE, J. (2014). El estudio de la Isla de Calor Urbana de Superficie del Área Metropolitana de Santiago de Chile con imágenes Terra-MODIS y Análisis de Componentes Principales. *Revista de Geografía Norte Grande*, 141(57), 123–141. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022014000100009>

SUBSECRETARIA DE SALUD PÚBLICA. (2022). *Base de datos mortalidad 2016 al 2019*.

TRAN, D. N., DOAN, V. Q., NGUYEN, V. T., KHAN, A., THAI, P. K., CUNRUI, H., CHU, C., SCHAK, E., Y PHUNG, D. (2020). Spatial patterns of health vulnerability to heatwaves in Vietnam. *International*

Journal of Biometeorology, 64(5), 863–872. <https://doi.org/10.1007/S00484-020-01876-2/TABLES/2>

WIDERYNSKI, S., SCHRAMM, P. J., CONLON, K. C., NOE, R. S., GROSSMAN, E., HAWKINS, M., NAYAK, S. U., ROACH, M., y HILTS, A. S. (2017). Use of cooling centers to prevent heat-related illness: summary of evidence and strategies for implementation (Issue August). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32267.59688>

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION y WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2015). Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development. In Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development (Issue 1142). [http://www.who.int/globalchange/publications/WMO\\_WHO\\_Heat\\_Health\\_Guidance\\_2015.pdf](http://www.who.int/globalchange/publications/WMO_WHO_Heat_Health_Guidance_2015.pdf)

XU, Z., FITZGERALD, G., GUO, Y., JALALUDIN, B., y TONG, S. (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 89–90(April), 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.007>

YIN, Q., y WANG, J. (2017). The association between consecutive days' heat wave and cardiovascular disease mortality in Beijing, China. *BMC Public Health*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/S12889-017-4129-7>

ZHU, Q., LIU, T., LIN, H., XIAO, J., LUO, Y., ZENG, W., ZENG, S., WEI, Y., CHU, C., BAUM, S., DU, Y., & MA, W. (2014). The spatial distribution of health vulnerability to heat waves in Guangdong province, China. *Global Health Action*, 7(1). <https://doi.org/10.3402/GHA.V7.25051>