

Soluciones a futuro para la reducción de la vulnerabilidad relacionada al calor urbano a partir de una revisión de literatura

Solutions for future urban heat-related vulnerability reduction from a review of literature

Susana Álvarez del Castillo

Université de Strasbourg
snalvarez@ecosur.edu.mx

Resumen. La finalidad de la presente revisión de literatura es señalar algunas consideraciones para delinear soluciones futuras que permitan la reducción de la vulnerabilidad relacionada al calor en el medio urbano. Así mismo, a partir de esta revisión una reflexión emana sobre las tendencias en el abordaje de la vulnerabilidad relacionada al calor en ambientes urbanos y sobre las soluciones que son vinculadas a esta vulnerabilidad. Un apartado es destinado a la descripción de los factores determinantes en torno a la vulnerabilidad relacionada al calor en espacios urbanos, y posteriormente, otro apartado es dedicado a señalar las soluciones que son propuestas para la reducción de la vulnerabilidad frente al calor.

Finalmente, identifico dos lagunas en el conocimiento sobre la vulnerabilidad relacionada al calor, de donde surgen algunas consideraciones para el abordaje de las futuras propuestas de solución frente al calor en la ciudad.

Palabras clave. Vulnerabilidad; calor; ciudad; soluciones

Abstract. The purpose of this literature review is to point out some considerations for outlining future solutions to reduce vulnerability related to heat in the urban environment. Likewise, from this review a reflection arises on the trends in addressing heat-related vulnerability in urban environments and on the solutions that are linked to this vulnerability. One section is devoted to the description of the determinants of heat-related vulnerability in urban spaces, and another section is dedicated to pointing out the solutions that are proposed to reduce vulnerability to heat.

Finally, I identify two gaps of knowledge on heat-related vulnerability, from which some considerations emerge for addressing future solutions to face heat in the city.

Key words. Vulnerability; heat; city; solutions

Formato de citación. Álvarez del Castillo, Susana (2024). Soluciones a futuro para la reducción de la vulnerabilidad relacionada al calor urbano a partir de una revisión de literatura. URBS. Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales, 14(2), 197-218.

Recibido: 07/10/2024; **aceptado:** 07/10/2024; **publicado:** 30/11/2024
Edición: Ciudad de México, 2024, Universidad Autónoma Metropolitana

Eventos extremos de calor aumentan en todo el mundo (IPCC 2018; IPCC 2021), y estos llegan a impactar en el bienestar de las personas, especialmente en ambientes urbanos (Patz *et al.*, 2005; Stone *et al.*, 2010; Armstrong *et al.*, 2011; Berko *et al.*, 2014).

Los eventos extremos de calor se perfilan en la actualidad como amenazas severas para la salud pública, y en ocasiones desembocan en verdaderas catástrofes relacionadas a pérdidas humanas (Klinenberg 2002; Vandentorren *et al.*, 2004; Fouillet *et al.*, 2006; Shaposhnikov *et al.*, 2014).

Además, en los espacios urbanos las personas se enfrentan constantemente con la formación de islas urbanas de calor (Oke, 1973). Lo anterior contribuye a una fuerte exposición al calor para los habitantes en múltiples ciudades.

Por otro lado, como lo señala la literatura aquí referenciada, recientemente han surgido soluciones enfocadas en disminuir la exposición al calor en las ciudades, frecuentemente en naciones que representan altos ingresos. Sin embargo, pese al apalancamiento de recursos para enfrentar mejor el calor que se perciben en estas naciones, los recursos invertidos no parecen ser suficientes y la vulnerabilidad frente al calor persiste en dichos contextos (Alonso & Renard, 2020; Lanza *et al.*, 2023; Kim *et al.*, 2023; Li *et al.*, 2023).

Debido a lo anterior, es necesario plantear soluciones a futuro para la reducción de la vulnerabilidad relacionada al calor urbano.

Es decir, en la búsqueda de la reducción de la vulnerabilidad ligada al calor es necesario integrar nuevas soluciones que puedan ser aprovechadas tanto en contextos que representan altos ingresos como en los contextos de bajos ingresos, es necesario tomar en consideración aquellos contextos que representan

carencias económicas; ya que en estos últimos la población también tienden a ser altamente expuesta al calor (Bell *et al.*, 2008; Inostroza *et al.*, 2016; Arshad *et al.*, 2020; Rathí *et al.*, 2021), además de que los efectos del calor especialmente sobre los ambientes urbanos de naciones que representan bajos ingresos han permanecido poco explorados.

La literatura que he revisado me permitió indagar sobre la construcción del conocimiento científico en torno a la vulnerabilidad que se relaciona con el calor, así como también sobre las soluciones propuestas para disminuir esta vulnerabilidad, particularmente en el medio urbano. Para ello he analizado trabajos empíricos que establecen una relación explícita entre la vulnerabilidad y el calor en la ciudad, los trabajos que tratan el calor y otros peligros, y áreas diferentes a las urbanas, fueron omitidos (e. g. calor y frío extremo, comparaciones entre áreas urbanas y rurales), así como también aquellos trabajos con acceso parcial sobre sus contenidos.

Esta revisión de literatura trata sobre 86 artículos de trabajos empíricos disponibles en inglés, en revistas arbitradas, entre 2000 y enero 2024. He explorado artículos que contienen en sus títulos los términos de *calor (heat)* y *vulnerabilidad (vulnerability)*, y el nombre de la ciudad o ciudades de los casos de estudio en el título, en el resumen o en el cuerpo del documento. Establecí estas premisas en la búsqueda de los artículos debido a que me permitieron el acceso a un número manejable de artículos para su análisis, observar patrones o tendencias sobre el abordaje de la vulnerabilidad relacionada al calor en la ciudad y sobre las soluciones propuestas ante este fenómeno.

Las soluciones propuestas a menudo son derivadas de los análisis de vulnerabilidad al calor urbano, propuestos en los artículos, y no se encuentran explícitamente en los títulos de los artículos revisados, pero sí en el cuerpo de los documentos. Para la búsqueda de los artículos he utilizado las bases de datos de *Web of Science* y *Google scholar* con los siguientes términos de búsqueda: *vulnerability, urban vulnerability, heat, risk, hazard, disaster, and cities*.

En esta revisión el trabajo más antiguo data del 2006, lo cual parece congruente con recientes revisiones de literatura relacionadas con la vulnerabilidad al calor urbano (Gonzalez-Trevizo *et al.*, 2021; Karanja & Kiage, 2021; Li *et al.*, 2022). Así parece ser que la vulnerabilidad relacionada al calor urbano es un tema que se ha desarrollado recientemente, y durante las dos últimas décadas.

Esta revisión toma la forma de una tabla en donde se señalan las ciudades, los métodos, las escalas, los factores determinantes físicos y sociales en torno a la vulnerabilidad relacionada al calor en espacios urbanos, y las soluciones que emanan del expertísimo científico (tabla 1). Estos elementos son identificados a través de los artículos numerados en la tabla y que corresponden también a la numeración mostrada en las siguientes secciones.

La tabla presenta información extraída en inglés, el idioma de redacción de los artículos revisados.

I D	Year	Article	City	Methodology/Approach (quantitative, qualitative, mixed)	Remote sensing	Scale (city, neighborhood, individual)	Physical elements related to temperature	Elements of social vulnerability	Related mitigation strategies
1	2006	Harlan <i>et al.</i> , 2006	Phoenix, U.S.	series of time, model, index, interviews *M	Yes	City, Neighborhood, Individual	o. g.	I. Edu. Et. A. S.I. In. Den.P. Percep.Vuln.	NbS, other cooling infrastructure, alternative modes of transportation, preservation of open space to moderate temperatures in modest neighborhoods on the urban fringe, neighborhood

											social networks, granting greater community control over adjacent land use, and enforcement of environmental laws.
2	2006	Stafoggia <i>et al.</i> , 2006	Bologna, Milan, Rome and Turin, Italy	case crossover, model *Q	N/A	City	a.	A. Sex. S.I.	D.	N/A	
3	2008	Bell <i>et al.</i> , 2008	Sao Paulo, and Mexico City, Latin America	case crossover, stratified time, model *Q	N/A	City	a. h.	Dt. Edu. Sex. D.	A.	N/A	
4	2010	Rinner <i>et al.</i> , 2010	Toronto, Canada	index *Q	Yes	City, Neighborhood	g. den. c.	In. S.I. Et. Cool.P.	D. A. I. Edu.	N/A	
5	2010	Stone <i>et al.</i> , 2010	53 cities in U.S.	series of time, model, index *Q	N/A	City	den.c. h. g.	Den.P.		NbS + compact city	
6	2011	Uejio <i>et al.</i> , 2011	Phoenix and Philadelphia, U.S.	model, index *Q	N/A	City, Neighborhood	den.c. g.	SPF. I. Et. S.I. Den.P. In. Dt.	A. D.	N/A	
7	2012	Chow <i>et al.</i> , 2012	Phoenix Metropolitan, U.S.	stratified time, model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	A. I. Et.		Social cohesion policies, information in different languages	
8	2012	Kershaw & Millward, 2012	Toronto, Canada	index *Q	N/A	City, Neighborhood	h.	N/A		N/A	
9	2012	Johnson <i>et al.</i> , 2012	Chicago, U.S.	model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	den.c. g.	S.I. I. Et. A. Sex. Edu.		alert system + NbS	
10	2013	Harlan <i>et al.</i> , 2013	Phoenix, U.S.	Series of time, case crossover, model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	Edu. A. I. Den.P.	Et. In.	NbS + other cooling infrastructure	
11	2013	Depietri <i>et al.</i> , 2013	Cologne, Germany	index, interviews *M	Yes	City, Neighborhood, Individual	den.c. g.	Percep. Vuln. I. A.		NbS	
12	2013	Wolf & McGregor 2013	London, U.K.	index *Q	Yes	City, Neighborhood	den. c. w.s. rad.	In. A. Edu. Et. Med. Calls	Den.P. D. I. S.I. Dt.	N/A	
13	2014	Heaton <i>et al.</i> , 2014	Houston, U.S.	index *Q	Yes	City, Neighborhood	g. den.c. h.	Dt. S.I. Edu. Den.P.	Et. T. I. In. D.	N/A	
14	2014	Loughnan <i>et al.</i> , 2014	9 capital cities, Australia	index *Q	Yes	City, Neighborhood	den. c. g.	Den.P. S.I. Med. D.	A. I. Et.	N/A	
15	2014	Wolf <i>et al.</i> , 2014	London, U.K.	index *Q	Yes	City, Neighborhood	den. c.	A. Med. Calls.	Dt.	N/A	

1 6	2014	Rosenthal <i>et al.</i> , 2014	New York city, U.S.	series of time, model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	h. den.c. g.	Dt. A. D. S.I. In. I. Et. Edu. V. Den.P. Ow.	Cooling places + improve the housing conditions of elderly residents
1 7	2015	Chuang & Gober 2015	Phoenix, U.S.	index *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	I. Edu. In. S.I. Et. A. D.	N/A
1 8	2015	El-Zein & Tonmoy 2015	Sydney, Australia	index *Q	N/A	City, Neighborhood	N/A	A. S.I. I. In.	N/A
1 9	2015	Weber <i>et al.</i> , 2015	Philadelphia, U.S.	series of time, model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	g. den.c.	S.I. In. D. Edu. A. I. Med.	Establish cooling centers + NbS
2 0	2015	Bradford <i>et al.</i> , 2015	Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.	model, index *Q	N/A	City, Neighborhood	g.	A. I. S.I. D. Et. Edu. In. Cool.P.	Prevention policies + cooling center
2 1	2015	Lemonsu <i>et al.</i> , 2015	Paris, France	model, scenarios *Q	N/A	City	den.c. g. h. w.s. rad.	Den.P. T.	Less compact urban development + NbS
2 2	2016	Aminipouri <i>et al.</i> , 2016	Vancouver, Canada	series of time, model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	h. a. g. den.c.	T. Den.P. S.I. I. Edu. Et. A. Med. Cool.P.	N/A
2 3	2016	Inostroza <i>et al.</i> , 2016	Santiago de Chile, Chile	model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	r.	A. I. D. Edu. Techn. In. Med.	Infrastructure related to water access in homes
2 4	2016	Macnee & Tokai, 2016	Osaka, Japan	Series of time, case crossover, index *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	A. S.I. I. Edu. Den.P.	N/A
2 5	2016	Reischl <i>et al.</i> , 2016	Graz, Austria	interviews *M	N/A	City, individual	g. den.c.	I. Percep.Vuln.	Energy-efficient technologies to cool buildings + behavioral advice for individuals + NbS
2 6	2017	Bolitho & Miller 2017	Melbourne, Australia	interviews *L	N/A	City, individual	N/A	Percep.Vuln.	institutional coordination (NGOs and city departments)
2 7	2017	Sunhui, 2017	Atlanta, U.S.	case crossover, index *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	A. Edu. I. D.	N/A
2 8	2018	Barron <i>et al.</i> , 2018	Philadelphia, U.S.	index *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	A. Et. I. Edu. S.I.	N/A
2 9	2018	Dongo <i>et al.</i> , 2018	Abidjan, Ivory Coast	index *Q	Yes	City, Neighborhood	den.c. g.	A. D. In. I. Den.P.	NbS
3 0	2018	Voelkel <i>et al.</i> , 2018	Portland, U.S.	index *Q	Yes	City, Neighborhood	den.c. g.	I. Et. Edu. A. Cool.P.	N/A
3 1	2018	Zhang <i>et al.</i> , 2018	Sydney, Australia	index *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	A. Et. Edu. S.I. I. D. In.	N/A

						od		T.	
3 2	2018	Ho <i>et al.</i> , 2018	7 cities in Canada	series of time, index *Q	N/A	City, Neighborhood	N/A	In. S.I. I. A. Edu.	NbS + other cooling infrastructure
3 3	2018	Mushore <i>et al.</i> , 2018	Harare, Zimbabwe	model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	g. den.c.	I. A. Act. Den.P.	N/A
3 4	2018	Méndez-Lázaro <i>et al.</i> , 2018	San Juan, Puerto Rico	model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	g. den.c.	A. I. Edu. S.I. Med. D.	N/A
3 5	2019	Yang <i>et al.</i> , 2019	31 cities in China	series of time, model *Q	N/A	City	a. h. g.	Dt. A. Sex. Edu. D. Den.P. I. Med.	N/A
3 6	2019	Bhattacharjee <i>et al.</i> , 2019	Milan, Italy	series of time, model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	g. den.c.	A. Med. In.	N/A
3 7	2019	Räsänen <i>et al.</i>, 2019	Helsinki, Finland	model, index, interviews *M	Yes	City, Neighborhood, Individual	rad. g.	A. I. Edu. S.I. D. Sex. Et. Percep.Vuln.	N/A
3 8	2019	Zuhra <i>et al.</i> , 2019	Lahore, Pakistan	model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	den.c. g.	D. Den.P. Edu. In. Et.	N/A
3 9	2019	Wilson & Chakraborty, 2019	Chicago, U.S.	Series of time, case crossover, model, index *Q	N/A	City, Neighborhood	N/A	Edu. A. Et. I. In. S.I. T.	NbS + other cooling infrastructure
4 0	2019	Arsenović <i>et al.</i> , 2019	Novi Sad, Serbia	model *Q	N/A	City	N/A	Dt. Den.P. A. D.	N/A
4 1	2019	Cai <i>et al.</i> , 2019	Chongqing, China	index *Q	Yes	City, Neighborhood	den.c. g.	A. I. Med. In.	N/A
4 2	2019	Guo <i>et al.</i> , 2019	Beijing, China	index *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	A. Edu. S.I. I. In.	N/A
4 3	2019	He <i>et al.</i> , 2019	Shanghai, China	index *Q	Yes	City, Neighborhood	r. g.	Med. L.	N/A
4 4	2019	Hulley <i>et al.</i> , 2019	Los Angeles, U.S.	index *Q	Yes	City	den.c. g.	A. Den.P. D. I. Cool.P. Act.	N/A
4 5	2019	Lapola <i>et al.</i> , 2019	6 cities in Brazil	index, interviews, workshops *M	Yes	City, Neighborhood	g. w.s.	A. D. Percep.Vuln.	Heat wave alerts, educational campaigns, white/ green roofs, NbS, use A/C, sun-blocking curtains, take cold baths, higher ceilings
4 6	2019	Mallen <i>et al.</i> , 2019	Dallas, U.S.	index *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	A. Sex. Et. S.I. Edu. I. In. Dt.	NbS + white roofs, cooling centers, water distribution

47	2020	Prosdocimi & Klima, 2020	Rio de Janeiro, Brazil	index *Q	N/A	City, Neighborhood	g.	Den.P. I. A. S.I. Et. In. Med. Dt. Garb. L.	N/A
48	2020	Maragno <i>et al.</i> , 2020	Padova, Italy	index *Q	Yes	City, Neighborhood	den.c. rad. g.	A.	N/A
49	2020	Navarro <i>et al.</i> , 2020	Hermosillo, Mexico	index *Q	Yes	City, Neighborhood	den. c. g. r.	Edu. Sex. A. Med. In. Marital status. Techn.	N/A
50	2020	Arshad <i>et al.</i> , 2020	Karachi, Pakistan	Series of time, model, index *Q	Yes	City	h. g. w.s. den.c.	N/A	NbS + other cooling infrastructure
51	2020	Alonso & Renard 2020	Lyon, France	index, interviews *M	N/A	City, individual	N/A	A. D. Sex. Percep. Vuln. I. In. Edu. Med. Dt. B. Den.P.	NbS
52	2020	Conlon <i>et al.</i> , 2020	Detroit, U.S.	model, index *Q	N/A	City, Neighborhood	g. den.c.	Dt. S.I. Edu. P. Et.	N/A
53	2020	Dong <i>et al.</i> , 2020	Wuhan China	City, model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	w.s.	Den.P. I. A. Edu. Sex. Act. Med.	NbS, small water fountains, Constructing an advanced transportation system, new direction of urban sprawl, regional ecological security avoiding contiguous construction land, Protection measures for people engaged in agriculture, forestry, animal husbandry and fishery especially when they work outdoors, local governments should provide basic living guarantees, such as economic subsidies, cooling equipment (i.e. fans or air conditioners), publicity of knowledge and preventive measures about heat wave risk, protect vulnerable

										groups such as left-behind children and elderly people, industrial upgrading to promote regional economy, and improving the level of medical assistance facilities are also important ways to reduce social vulnerability.
54	2020	Hammer <i>et al.</i> , 2020	Philadelphia, U.S.		model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	g. a. den.c.	A. Edu. I. S.I. Et. D. T. Med. Ow.	NbS + other cooling infrastructure, community adaptation capacity
55	2020	kwon <i>et al.</i> , 2020	Seoul, Korea	South	model, index *Q	N/A	City, Neighborhood	g. den.c. r.	Den.P. A. D. I. Dt. Med.	N/A
56	2020	Liu <i>et al.</i> , 2020	Hangzhou, China		model, index *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	A. S.I. Edu. D. Cool.P. Dt.	N/A
57	2020	Jagarnath <i>et al.</i> , 2020	Durban, Africa	South	model, index, scenarios *Q	Yes	City	rad. h. w.s. den.c. g.	Den.P. A. Sex. Edu. Et. I. In. Ow.	N/A
58	2020	Samuelson <i>et al.</i> , 2020	Boston, Phoenix, U.S.		index *Q	N/A	City, Neighborhood	den.c. h. w.s.	Techn. In.	N/A
59	2020	Pasquini <i>et al.</i> , 2020	Dar es Salaam, Tanzania		model, interviews *M	N/A	City, Neighborhood, Individual	N/A	Percep.Vuln. D. Act. I. Med. Cool.P.	Information plan, heat-resistant buildings, NbS, alternative transports, increasing access to water and cooling places
60	2021	Birkman <i>et al.</i> , 2021	Ludwigsburg, Germany		model, scenarios of vulnerability *M	N/A	City, Neighborhood	den.c.	I. A. Den.P.	New housing projects also improve the socioeconomic and demographic structure, compact housing types, mixed housing, NbS
61	2021	Ferreira <i>et al.</i> , 2021	Sao José dos Campos, Brazil		model *Q	Yes	City, Neighborhood	g. den.c. (Local climate Zones)	Den.P.	NbS
62	2021	Watkins <i>et al.</i> , 2021	Phoenix, U.S.		interviews, index *M	Yes	City, Neighborhood, Individual	g.	Percep.Vuln. T. In. D.	Cooling devices + access to swimming pools

63	2021	Rathi <i>et al.</i> , 2021	4 cities in India	questionnaires, index *M	N/A	City, individual	den.c. g.	Act. In. D. Percep.Vuln. S.I.	N/A
64	2022	Chen <i>et al.</i> , 2022	Taipei, Taiwan	index *Q	Yes	City	den.c. g.	A. I. D. Den.P.	N/A
65	2022	Wu <i>et al.</i> , 2022	Karachi, Pakistan	model *Q	Yes	City	den.c. g.	A. I. Den.P. Med.	Improve the infrastructure of medical institutions, cooling centers
66	2022	Abrar <i>et al.</i> , 2022	Dhaka, Bangladesh	model, index *Q	Yes	City	den.c. r. g. h.	Den.P. A. I. Sex. D. In. Med. L.	N/A
67	2022	Souvereinjs <i>et al.</i> , 2022	Johannesburg and Ekurhuleni, South Africa	model, scenarios *Q	Yes	City, Neighborhood	den.c. topo. g. h. r.	N/A	NbS
68	2022	Iqbal <i>et al.</i> , 2022	Lahore, Pakistan	index *Q	Yes	City, Neighborhood	g. den.c.	A. Edu. I. D. Ow. Den.P. In. Med. Cool.P. A.Info.	N/A
69	2022	Tieskens <i>et al.</i> , 2022	Boston, U.S.	model *Q	Yes	City, Neighborhood	g.	A. I. S.I. Edu. Et.	NbS
70	2022	Sidiqui <i>et al.</i> , 2022	Greater Geelong, Australia	index *Q	Yes	City, Neighborhood	den.c. g. r. o.	A. D. S.I. I. Den.P. T. Med. Cool.P.	NbS + health facilities
71	2022	Karanja <i>et al.</i> , 2022	Atlanta, U.S.	series of index *Q	Yes	City	g.	N/A	N/A
72	2022	Schinasi <i>et al.</i> , 2022	Philadelphia, U.S.	model *Q	Yes	City, Neighborhood	g. den.c.	I. Et. In. Den.P. Edu.	N/A
73	2022	Dhorde <i>et al.</i> , 2022	41 cities in India	model *Q	N/A	City	N/A	N/A	N/A
74	2023	Quesada <i>et al.</i> , 2023	Bilbao, Spain	index *Q	Yes	City, Neighborhood	rad. a. g. den.c.	Den.P. In. Act. Prot.b., Acoustic p.	N/A
75	2023	Zhi <i>et al.</i> , 2023	Beijing, China	index *Q	Yes	City	g. o. den.c. r.	Den.P. I. A.	Changes in urban morphology (demolition, redevelopment) + NbS + reduce population density
76	2023	Lanza <i>et al.</i> , 2023	Austin, Texas, U.S.	interviews *L	N/A	City, Neighborhood, Individual	N/A	Percep.Vuln. Et. I.	NbS + artificial shade structures + water features + drinking fountains
77	2023	Salvador <i>et al.</i> , 2023	Madrid, Spain	case-crossover, model *Q	N/A	City, Neighborhood	N/A	Dt. A. Sex. Et. I.	N/A

7 8	2023	Melis <i>et al.</i> , 2023	Turin, Italy	index*Q	Yes	City, Neighborhood	den.c. g	A. Sex. I. D. Edu. S.I. Et. In. Den.p. Med. Cool.P.	Mapping fresh locations
7 9	2023	Serrano <i>et al.</i> , 2023	Madrid, Spain	interviews *L	N/A	Individual	N/A	A. In. D. Percep.Vuln.	N/A
8 0	2023	Kim <i>et al.</i> , 2023	Houston, U.S.	index *Q	Yes	City, Neighborhood	den.c. g	In. A. D. S.I. Et. I. Sex. T. Edu.	N/A
8 1	2023	Yi & Kwon, 2023	Gurye and Sunchang, South Korea	model *Q	Yes	City	den.c. g sh. rad. h. topo.	D. Den.P. S.I. Sex. Cool.P.	N/A
8 2	2023	Lee & First, 2023	Knoxville, Tennessee, U.S.	model *Q	Yes	City, Neighborhood	h. g. topo.	T. I. Et. Den.P. S.I. Edu. A.	Improve public transportation infrastructure
8 3	2023	Li <i>et al.</i> , 2023	14 major cities in U.S.	model *Q	Yes	City	g. h. rad. ws.	I. A. Et. A.	N/A
8 4	2023	Anupriya & Rubeena, 2023	Thiruvananthapuram city, India	series of time, model *Q	Yes	City	g. den.c. rad.	Den.P.	N/A
8 5	2023	Zottarelli <i>et al.</i> , 2023	San Antonio, Texas, U.S.	time-stratified case-crossover, model *Q	N/A	City	h.	Med. Calls.	Improve healthcare system
8 6	2024	Kim & Kim, 2024	Daegu city, South Korea	prediction model, index *Q	N/A	City, Neighborhood	den.c. g	N/A	N/A

Tabla 1. Resumen de la información extraída de los artículos revisados sobre vulnerabilidad y calor urbano¹

Factores determinantes en torno a la vulnerabilidad relacionada al calor en espacios urbanos

El *calor* es el principal factor que aparece como determinante para la vulnerabilidad relacionada a este mismo fenómeno, a pesar de ser un término subjetivo que no solo involucra el factor temperatura, sino también otros factores, como la humedad, el viento, la sombra y la radiación (3, 5, 8, 12, 13, 16, 21, 22, 35, 37, 45, 48, 50, 57, 58, 66, 67, 74, 81, 82, 84, 86), además de que el calor puede agravarse cuando se vincula con otros factores como la contaminación atmosférica (2, 3, 12, 22, 32, 54, 74), la densidad urbana o de construcción (4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 19, 21, 22, 25, 29, 30, 33, 34, 36, 38, 41, 44, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 57, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 74, 75, 78, 80, 81, 84, 86), y la fuerte presencia de calles asfaltadas y en ocasiones carreteras que intervienen la ciudad (23, 43, 49, 55, 66, 67, 70, 75). Lo cual deja en claro que el *calor* no refiere únicamente la temperatura, sino que múltiples variables intervienen para su formación.

Así mismo, las áreas verdes son constantemente señaladas entre los estudios como medios de prevención ante la exposición al calor en los espacios urbanos (1, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24,

¹ Abreviaturas utilizadas en la tabla 1: *Q: quantitative, *L: qualitative, *M: mixed, a.: air pollution, den.c.: density of construction/urban density, g.: green spaces including water bodies, o.: open spaces, h.: humidity, r.: road, w.s.: wind speed, rad.: radiation, sh.: shadow, topo.: elevation, Acoustic. p.: acoustic pollution, L.: lights, Prot.b.: protected buildings, Garb.: garbage, Med.: proximity and access to medical services, B.: birth rate, Edu.: education, Sex.: sex, A.: age, Et.: ethnicity or race, S.I.: social isolation, D.: disability or disease, In.: housing infrastructure, Den.P.: population density, T.: transport, Ow.: housing owner, SPF.: single parent families, Percep.Vuln.: perceptions related to coping measures and exposure to heat, Dt.: deaths, Act.: economic activity, Techn.: technology access, Cool.P.: cooling places, V.: violence, A.Info.: information access, Marital status: marital status, Calls.: calls for medical assistance related to heat stress, I.: incomes/ poverty/unemployment, Nbs: Nature-based Solutions, N: nature, R: risk, Man.: urban management.

25, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 86), por lo que la falta de áreas verdes en la ciudad es asociada a condiciones severas de calor.

Diferentes estudios señalan la mayor exposición de calor hacia las partes céntricas de las ciudades (e. g. 1, 9, 11, 12, 19, 21, 24, 38, 43, 44, 48, 49, 51), aunque esto no siempre es así (34, 51), y no necesariamente implica que el centro de las ciudades sean zonas vulnerables ante el calor.

Si bien, en la mayoría de los estudios revisados la vulnerabilidad relacionada con el calor intenso en áreas urbanas depende de elementos climáticos como; temperatura, humedad, radiación, velocidad del viento y contaminación del aire, también la vulnerabilidad evocada depende de elementos sociales y demográficos como; tasas poblacionales, tasas de mortalidad, nivel de ingresos, edad, sexo, grado de escolaridad y origen étnico.

Los estudios que he revisado señalan, frecuentemente, que los sectores más precarios de la población resultan ser los más vulnerables ante el calor urbano.

Los ingresos insuficientes han sido especialmente identificados como condiciones previas de vulnerabilidad y desempeñan un papel importante en las afectaciones por calor extremo sobre la población (1, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 41, 42, 44, 46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 59, 60, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83). Así, parece existir cierto consenso respecto a que los sectores pobres o precarios de las ciudades tienden a ser los más sensibles ante los eventos extremos de calor, mientras que los sectores ricos son los menos sensibles.

Los estudios explican que las personas que viven con ingresos precarios a menudo presentan dificultades para la ventilación y el refrescamiento de sus hogares, lo cual se vincula a la insolvencia para pagar facturas de energía por uso de aire acondicionado o ventiladores, además de que a menudo la infraestructura en las viviendas precarias presenta deficiencias relacionadas con una mala ventilación, y por otra parte la inseguridad vinculada a los entornos precarios dificulta frecuentemente abrir ventanas o puertas durante la tarde o noche, entre otras acciones.

En general los ingresos insuficientes son considerados una gran limitante en la adquisición de recursos que permiten responder ante el calor, y en ocasiones estos se vinculan también con la falta de acceso a servicios de salud. Así, la falta de ingresos a menudo resulta en el aumento de la vulnerabilidad relacionada al calor.

Otro aspecto bien señalado por los estudios respecto a la vulnerabilidad relacionada al calor es la edad de las personas. Frecuentemente las personas ancianas, y personas de edad avanzada que no gozan de una buena salud, tienden a ser más susceptibles al calor y a presentar mayores tasas de mortalidad y de hospitalización relacionadas con el estrés térmico vinculado al calor, en comparación con la población en general (1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83).

Las personas ancianas son identificadas con frecuencia como vulnerables ante los efectos del calor, especialmente, si viven solas y cuentan con pocos contactos familiares. Lo cual muchas veces resulta en una situación de aislamiento social que contribuye a la vulnerabilidad frente al calor para esta parte de la población (1, 2, 4, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 28, 31, 32, 34, 37, 39, 42, 46, 47, 52, 54, 55, 56, 63, 69, 70, 78, 80, 81, 82).

Ciertas enfermedades y condiciones de salud preexistentes en las personas, especialmente en ancianos, como las relacionadas con trastornos vasculares, cardiovasculares y cerebrales, y la depresión han

demostrado poseer cierta correlación con las tasas de mortalidad por calor extremo (2, 3, 4, 6, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 23, 27, 29, 31, 34, 35, 37, 38, 40, 44, 45, 51, 52, 55, 56, 59, 62, 63, 64, 66, 68, 70, 78, 79, 80, 81).

El nivel educativo que poseen las personas aparece como otro elemento explorado a menudo en los estudios y que puede relacionarse con la vulnerabilidad al calor de la población, ya que es probable que las personas con bajos niveles de escolaridad presentan limitantes en la recepción de la información sobre alertas de calor y sobre la gestión del riesgo vinculado al calor (1, 3, 4, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 42, 46, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 68, 69, 72, 78, 80, 82). Sin embargo, el nivel educativo suele ser un elemento que presenta correlación con el nivel de ingreso de las personas, y su relación directa con la mortalidad relacionada al calor es difícil de obtener (Johnson *et al.*, 2012).

El origen étnico de las personas relacionado con el acceso a los recursos para enfrentar el aumento de las temperaturas ha sido explorado en diferentes estudios, especialmente en estudios realizados en Estados Unidos, donde se ha considerado que las personas no-afroamericanas y las blancas, corren menos riesgo de sufrir algún daño relacionado a eventos de calor extremo, ya que suelen tener mayor acceso a recursos para refrescarse (e. g. aire acondicionado, áreas verdes y con sombra, techos altos en sus viviendas, etc.). Mientras que las personas de origen afroamericano y en algunos casos también las de origen latinoamericano presentan mayores dificultades para acceder a estos recursos, y por ello tienden a ser más expuestas al calor (1, 6, 7, 9, 10, 13, 16, 17, 20, 28, 30, 39, 46, 52, 54, 69, 72, 76, 80, 82, 83).

Cabe mencionar que la mayoría de los trabajos revisados sigue un enfoque cuantitativo en sus metodologías, con datos secundarios (meteorológicos y demográficos), utilizan series de tiempo, cruce de casos, modelos de regresión y correlación, y el cálculo de índices, donde los métodos de teledetección son también recurrentes. La vulnerabilidad relacionada al calor en los ambientes urbanos suele ser explicada a través de parámetros preestablecidos. Algunos de los estudios se interesan por mostrar también escenarios de vulnerabilidad a futuro (21, 57, 67), y rara vez se consideran datos cualitativos para la construcción de estos escenarios (60).

Así, la tendencia de una perspectiva técnica, fundamentada sobre parámetros establecidos con antelación para la evaluación de los riesgos (Gilbert, 1998), prevalece también en el planteamiento de la vulnerabilidad relacionada al calor. En nuestra revisión hemos detectado solamente tres trabajos que abonan a un enfoque alternativo al técnico (26, 60, 79).

En perspectiva, un paradigma alternativo al técnico merece ser mayormente abordado en la comprensión de la vulnerabilidad relacionada al calor.

En breve, las ciencias sociales han contribuido al establecimiento de un paradigma alternativo, basado en el proceso de vulnerabilidad social, sobre la explicación de riesgos ambientales (Wisner *et al.*, 2004), lo que también ha permitido estipular que los riesgos no son naturales, sino que estos emanan de construcciones sociales (Maskrey, 1993).

Este enfoque alternativo permite explorar los factores sociales y estructurales a profundidad que se relacionan con la vulnerabilidad a peligros ambientales; como podría ser la desigualdad social a través de los procesos político-económicos que inciden en la vulnerabilidad al calor de la población.

Frecuentemente, los análisis sobre la vulnerabilidad relacionada al calor no incluyen elementos de cohesión social, análisis de políticas o perspectivas institucionales, así como tampoco conectan los procesos que hacen del entorno urbano un ambiente vulnerable al calor.

La vulnerabilidad al calor, lejos de presentarse como un proceso dinámico arraigado a causas subyacentes, como lo sugieren algunos autores en la exploración de riesgos ambientales (Wisner *et al.*, 2004), a menudo se representa como un agregado de características biofísicas, demográficas, de salud y de infraestructura

distribuidas en el espacio urbano.

Además, la capacidad adaptativa o de respuesta es un factor que, aunque, se ha teorizado ampliamente en los análisis de vulnerabilidad y riesgos ambientales (Dow, 1992; Adger, 2003; Turner *et al.* 2003; Adger, 2006; Birkmann, 2006; Wilhelmi y Hayden, 2010), tiende a no ser claramente desarrollada sobre los estudios que fueron examinados.

Al parecer, la vulnerabilidad vinculada a riesgos o peligros ambientales puede presentar diferentes enfoques y definiciones para su abordaje.

La vulnerabilidad puede hacer referencia a la probabilidad de exposición al riesgo (Lee, 2014), al estado de una comunidad que precede a un desastre (Atyia, 2015). Además de que existen distintos tipos de vulnerabilidades, como las físicas (biofísicas) y las sociales (Reghezza, 2006). Otros autores, como Brenkert y Malone (2005), sostienen que la vulnerabilidad es el resultado de la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación de la población ante un fenómeno determinado. La vulnerabilidad es por lo tanto predominantemente interdisciplinaria (Cutter *et al.*, 2003), y una variedad de métodos y metodologías para su estudio son necesarios para rendir cuenta de toda su complejidad.

Debido a lo anteriormente planteado, considero que el desarrollo de perspectivas alternativas es necesario para ampliar la comprensión sobre la vulnerabilidad relacionada al calor urbano y como contrapeso sobre el enfoque técnico que predomina en la visión sobre la vulnerabilidad al calor. Así como también es importante el abordaje de esta problemática de manera interdisciplinaria, ya que la vulnerabilidad al calor en la ciudad puede interceptar diferentes dimensiones (e. g. la dimensión física o biofísica y la social).

Soluciones propuestas para reducir la vulnerabilidad relacionada al calor

El factor más recurrente entre las propuestas de solución respecto al calor urbano ha sido por excelencia la infraestructura verde urbana (IVU), así como su mejoramiento, y la preservación de los cuerpos de agua. Se tratan de soluciones basadas en la naturaleza (SBN), que promueven la conservación de las funciones ecosistémicas en espacios verdes como parques, jardines, muros verdes, etc. Los cuales conllevan beneficios para la población humana y mitigan el calor en la ciudad (Cohen-Shacham *et al.*, 2019).

Los 86 artículos que fueron examinados vinculan los espacios con vegetación en la ciudad con una baja exposición al calor, cuando estos proporcionan sombra.

Elementos de IVU son con frecuencia reconocidos como soluciones a implementar en distintas escalas urbanas (ciudad, barrio, calle) de manera urgente, dando prioridad a las zonas más sensibles o precarias de la ciudad, para favorecer la reducción de la vulnerabilidad relacionada al calor urbano (1, 5, 9, 10, 11, 19, 21, 25, 29, 32, 39, 45, 46, 50, 51, 53, 54, 59, 60, 67, 70, 75, 76).

Aunque, desde mi punto de vista, no queda claro como las SBN reduce la vulnerabilidad relacionada al calor urbano sobre una dimensión social, pues las SBN no se relacionan con una equilibrada distribución del poder (económico, político o social) entre las personas, para permitir el reajuste en las relaciones sociales y la reducción o eliminación de factores sociales determinantes de vulnerabilidad relacionada al calor en la ciudad (ingresos precarios, bajo nivel educativo, diferencias de origen étnico).

Además de las SBN como estrategia de respuesta para disminuir la exposición al calor urbano, otras soluciones son también propuestas por los expertos. Donde he encontrado principalmente soluciones para el corto plazo (1, 7, 9, 10, 19, 20, 25, 26, 32, 39, 45, 46, 50, 53, 54, 59, 62, 65, 76), estas se tratan a menudo de soluciones técnicas:

La implementación de estaciones para la ingesta de agua, aire acondicionado para sitios públicos (e. g. en supermercados, plazas comerciales, bibliotecas y librerías) donde se establecen refugios climáticos, mejorar

el acceso a piscinas públicas, generar sombra artificial, fuentes de agua, azoteas blancas, implementar sistemas de alerta climática, implementar cuidados especiales para los ancianos en época de calor, implementar medidas de protección para las personas que trabajan al exterior, implementación de aire acondicionado en las viviendas u otras formas de ventilación, implementar cortinas para el bloqueo de la radiación solar, implementar mapas que proporcionen información sobre los sitios disponibles para refrescarse en la ciudad, brindar información sobre las medidas para responder ante el calor en la ciudad en distintos idiomas, realizar campañas de difusión sobre los comportamientos a adoptar en época de calor y para la comprensión de la información sobre alertas climáticas.

Sin embargo, algunas de estas soluciones pueden presentar dificultades en su implementación, en especial en los sectores sensibles o precarios, debido a la falta de recursos económicos, la estigmatización de sitios públicos que limita el acceso de los sitios entre la población, entre otras limitantes (Sampson *et al.*, 2013; Serrano *et al.*, 2023).

Además, he identificado soluciones a largo plazo (1, 23, 25, 45, 46, 53, 59, 60, 62, 65, 70, 75, 82, 85), aunque estas aparecen de manera menos recurrente, como:

Implementar en la construcción de los edificios adaptaciones para enfrentar mejor el calor, mejorar la infraestructura para el aprovisionamiento de agua en los hogares, producir tecnologías energéticamente eficientes para el refrescamiento en los edificios, implementar techos altos en la construcción de las viviendas, construir un avanzado sistema de transporte de cero emisiones contaminantes y de cero CO₂, reorientar la expansión urbana, modernizar la industria para promover la economía regional y mejorar los servicios de asistencia médica, favorecer los tipos de vivienda compacta y los proyectos de vivienda mixta, así como nuevos proyectos de vivienda que intervengan para mejorar la estructura socioeconómica y demográfica, mejorar la infraestructura de instituciones médicas y de centros de salud, cuando sea posible realizar cambios en la morfología urbana a través de renovaciones y demoliciones, favoreciendo la disminución de la densidad poblacional.

Aunque, algunos expertos señalan el desarrollo urbano menos compacto como solución (21), otros, contrariamente, mencionan favorecer el desarrollo compacto urbano (5).

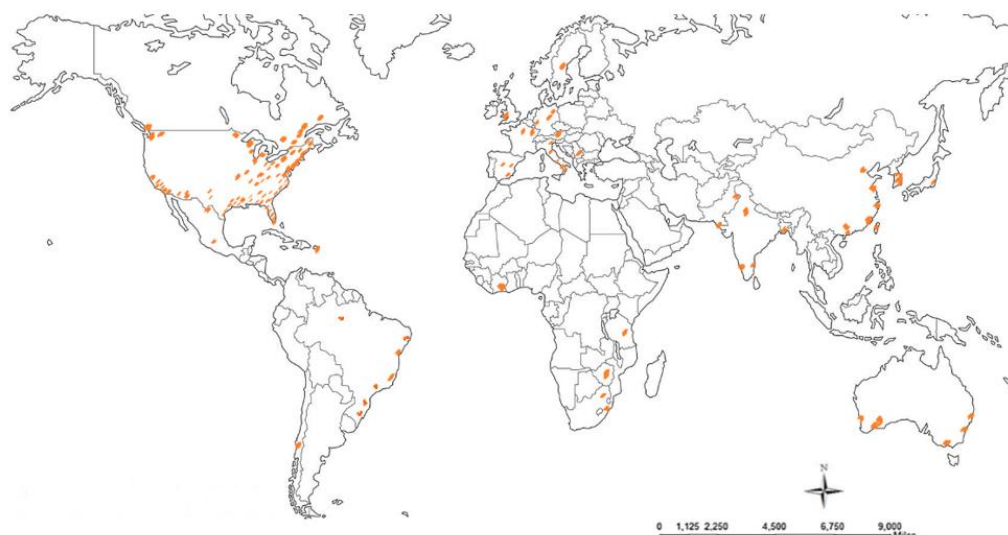
En fin, buena parte de los artículos examinados se concentran en Estados Unidos (33%), reuniendo 62 ciudades sobre los trabajos analizados para este país. En contraste, la gran región de América Latina apenas representa el 8% de los trabajos examinados, los cuales tratan sobre 11 ciudades, además la región de África también presenta una escasez importante de estudios sobre vulnerabilidad y calor (figura 1).

Por lo que una colaboración internacional e interdisciplinaria es deseable para favorecer la comprensión sobre las condiciones que configuran la vulnerabilidad relacionada al calor en los distintos espacios urbanos, incluyendo especialmente aquellos espacios donde la investigación relacionada al riesgo de calor es escasa a pesar de presentar una alta exposición al calor.

Las soluciones anteriormente expuestas suelen presentarse como estrategias de mitigación o adaptación para la reducción de la exposición al calor y ante el cambio climático, que a menudo se enfocan en SBN y soluciones técnicas (IPCC, 2018; UNDRR, 2023; ONERC, 2023).

La inclusión de contextos desde naciones que representan bajos ingresos puede generar aportes valiosos para el análisis de la vulnerabilidad relacionada al calor, incluyendo elementos como los asentamientos urbanos irregulares, para enriquecer las perspectivas sobre la coexistencia del calentamiento climático y la vulnerabilidad social, así como también para visualizar nuevas estrategias de respuesta en la disminución de la vulnerabilidad relacionada al calor, aunque estas no sean reconocidas como estrategias de mitigación o adaptación al cambio climático.

Figura 1. Ciudades cubiertas en la revisión de artículos



La revisión de literatura que he aquí planteado permite formular, entre otras, las siguientes preguntas:

¿Cuáles podrían ser las soluciones ante la vulnerabilidad al calor para los espacios urbanos fuera de las etiquetadas como “estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático”? ¿Es posible plantear soluciones desde la austeridad? ¿Qué soluciones podrían insertarse con mayor facilidad en los sectores precarios?

Estas cuestiones conducen quizás a imaginar nuevas y más inclusivas respuestas ante el riesgo socioambiental del calor en la ciudad, más allá de las estrategias de mitigación o adaptación para las ciudades bajo el contexto del cambio climático que ya han sido planteadas.

La primera laguna del conocimiento que esta revisión me ha permitido visualizar corresponde a la exploración y el desarrollo de paradigmas alternativos, distintos pero que complementan al técnico, para el abordaje de la vulnerabilidad relacionada al calor en la ciudad y para sus soluciones.

Comúnmente la solución a determinada problemática se encuentra de acuerdo con el planteamiento mismo del problema. De allí la importancia de abrirnos hacia otros enfoques que permitan concebir el problema de otra manera y así encontrar soluciones alternativas o distintas.

En este sentido, la segunda laguna del conocimiento trata sobre la dimensión social de la vulnerabilidad relacionada al calor que queda por ser ampliamente explorada, a través de distintos contextos, especialmente en aquellos carentes de recursos para generar respuestas ante el calor.

Además de las SBN y las respuestas técnicas frente al calor que son frecuentemente propuestas para brindar protección contra el estrés térmico en ambientes urbanos, encuentro pertinente otras consideraciones sobre las soluciones para permitir a las personas afrontar de mejor manera el calor, y estas tienen que ver con la generación de cohesión en la sociedad para reducir los efectos de los factores sociales determinantes de vulnerabilidad relacionada al calor en la ciudad; la formulación de estrategias más incluyentes que permitan afrontar barreras educativas y lingüísticas en la comunicación sobre las medidas de respuesta y los impactos vinculados al calor, así como, favorecer el suministro de recursos y servicios urbanos para la población desfavorecida en la ciudad y garantizar el acceso a la vivienda digna a través de un enfoque ambiental y participativo en la gestión urbana, integrando a los sectores desfavorecidos, los sector privados, las organizaciones y los gobiernos locales.

En lo anterior, la participación de organizaciones o asociaciones es deseable para facilitar la comunicación y el vínculo entre los diversos sectores y actores a los que concierne las medidas de respuesta vinculadas al calor.

La capacidad de asociarse, de discutir y organizarse en cualquiera de sus formas (asociación, organización,

agencia, movimiento, colectivo, etc.) puede brindar oportunidades para construir futuros plurales sobre las formas de vivir (Collard *et al.*, 2015). Considero que la capacidad asociativa entre los ciudadanos debe ser explorada y desarrollada para fomentar futuros urbanos plurales, en donde diversas perspectivas tengan una voz unificada para un desarrollo urbano más equilibrado, conforme a las necesidades y aspiraciones de los habitantes, incluyendo especialmente los que pertenecen a sectores desfavorecidos.

Así, considero que esta capacidad asociativa puede contribuir en disminuir la vulnerabilidad social y urbana vinculada al calor, así como a otros peligros ambientales y urbanos que impactan en las personas.

Conclusión

El fenómeno del calor urbano y la vulnerabilidad asociada a este han sido especialmente estudiados durante los últimos 18 años. Los estudios han identificado de manera significativa impactos relacionados con la salud humana y con la calidad del entorno urbano.

Esta revisión de literatura me permitió observar cómo la vulnerabilidad al calor ha sido caracterizada a través de distintos factores físicos y sociales, al mismo tiempo que ofrece un panorama sobre las tendencias de mitigación o adaptación ante el calor urbano, mismas que invitan a reflexionar sobre las soluciones futuras para reducir vulnerabilidades relacionadas a este riesgo.

Estudios de vulnerabilidad relacionada al calor a menudo presentan un enfoque técnico, y se concentran en el fenómeno del calor en la ciudad y en los elementos físicos sobre la exposición al calor, donde la dimensión social sobre este riesgo en la ciudad tiende a ser poco desarrollada. Lo cual limita la comprensión de la vulnerabilidad vinculada a este fenómeno.

Los estudios sobre vulnerabilidad ante el calor en las ciudades parecen estar más conectados a las ciencias naturales que a las ciencias sociales.

Así, aunque varios autores señalan frecuentemente que los sectores más desfavorecidos resultan ser los más vulnerables ante los efectos del calor en la ciudad, incluso cuando la exposición ante el calor de estos sectores no es la más alta, las condiciones de vulnerabilidad que permiten comprender este señalamiento no suelen ser profundizadas. Por lo que el desarrollo de la dimensión social en el análisis de la vulnerabilidad relacionada al calor es deseable. Sin embargo, considero que las futuras investigaciones sobre vulnerabilidad y calor deben evitar que un enfoque predomine sobre otro, el objetivo debe ser lograr la integración de múltiples enfoques que permitan comprender de una manera amplia la vulnerabilidad relacionada al calor y encontrar nuevas soluciones para el desencadenamiento de futuros positivos frente al calor urbano.

Referencias

- Abrar, R., Sarkar, S.K., Nishtha, K.T., Talukdar, S., Shahfahad Rahman, A., Islam, A.R.M.T., Mosavi, A. (2022). Assessing the Spatial Mapping of Heat Vulnerability under Urban Heat Island (UHI) Effect in the Dhaka Metropolitan Area. *Sustainability*, 14.
- Adger, W. N. (2003). Social aspects of adaptive capacity. En: Smith, J.B., Klein, R. J. T. & Huq, S. Huq, (Ed.), *Climate Change, Adaptive Capacity and Development*. Imperial College Press, London. 29–49.
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global environmental change*, 16.
- Alonso, L., & Renard, F. (2020). A comparative study of the physiological and socio-economic vulnerabilities to heat waves of the population of the metropolis of Lyon (France) in a climate change context. *International journal of environmental research & public health*, 17(3).
- Aminipouri, M., Knudby, A., & Ho, H. C. (2016). Using multiple disparate data sources to map heat vulnerability: Vancouver case study. *The Canadian Geographer/Le Géographe Canadien*, 60(3), 356–368.
- Anupriya, R. S., & Rubeena, T. A. (2023). Spatio-temporal urban land surface temperature variations and heat stress vulnerability index in Thiruvananthapuram city of Kerala, India. *Geology, Ecology & Landscapes*, 1–17.
- Armstrong, B. G., Chalabi, Z., Fenn, B., Hajat, S., Kovats, S., Milojevic, A., & Wilkinson, P. (2011). Association of

mortality with high temperatures in a temperate climate: England and Wales. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 65(4), 340-345.

Arsenović, D., Savić, S., Lužanin, Z., Radić, I., Milošević, D., & Arsić, M. (2019). Heat-related mortality as an indicator of population vulnerability in a mid-sized Central European city (Novi Sad, Serbia, summer 2015). *Geographica Pannonica*, 23(4).

Arshad, A., Ashraf, M., Sundari, R. S., Qamar, H., Wajid, M., et Hasan, M. U. (2020). Vulnerability assessment of urban expansion and modelling green spaces to build heat waves risk resiliency in Karachi. *International journal of disaster risk reduction*, 46.

Atyia, S. M. (2015). A framework to understand the relationship between social factors that reduce resilience in cities: Application to the City of Boston. *International journal of disaster risk reduction*, 12, 53-80.

Barron, L., Ruggieri, D., & Branas, C. (2018). Assessing vulnerability to heat: a geospatial analysis for the City of Philadelphia. *Urban Science*, 2(2), 38.

Bell, M. L., O'Neill, M. S., Ranjit, N., Borja-Aburto, V. H., Cifuentes, L. A., & Gouveia, N. C. (2008). Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *International journal of epidemiology*, 37(4), 796-804.

Berko, J., Ingram, D. D., Saha, S. et Parker, J. D. (2014). Deaths attributed to heat, cold, and other weather events in the United States, 2006–2010. *National health statistics reports*, 1-16.

Bhattacharjee, S., Gerasimova, E., Imbert, C., Tencar, J., & Rotondo, F. (2019). Assessment of different methodologies for mapping urban heat vulnerability for Milan, Italy. In *IOP conference series: Earth & environmental science*, 290(1).

Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. En: Birkmann, J. (Ed.), *Measuring Vulnerability to Natural Hazards – Towards Disaster Resilient Societies*. United Nations University Press, Hong-Kong, New York.

Birkmann, J., Sauter, H. & Garschagen, M. (2021). New methods for local vulnerability scenarios to heat stress to inform urban planning—case study City of Ludwigsburg/Germany. *Climatic Change*, 165, 1-20.

Bolitho, A., & Miller, F. (2017). Heat as emergency, heat as chronic stress: policy and institutional responses to vulnerability to extreme heat. *Local environment*, 22(6), 682-698.

Bradford, K., Abrahams, L., Hegglin, M., & Klima, K. (2015). A heat vulnerability index and adaptation solutions for Pittsburgh, Pennsylvania. *Environmental Science & Technology*, 49(19), 11303-11311.

Brenkert, A. L., & Malone, E. L. (2005). Modeling vulnerability and resilience to climate change: a case study of India and Indian states. *Climatic Change*, 72 (1), 57-102.

Cai, Z., Tang, Y., Chen, K., & Han, G. (2019). Assessing the heat vulnerability of different local climate zones in the old areas of a Chinese megacity. *Sustainability*, 11(7), 2032.

Chen Tzu-Ling, Lin Hung, Chiu Yin-Hao, (2022). Heat vulnerability and extreme heat risk at the metropolitan scale: A case study of Taipei metropolitan area, Taiwan, *Urban Climate*, 41.

Chow, W. T., Chuang, W. C., & Gober, P. (2012). Vulnerability to extreme heat in metropolitan Phoenix: spatial, temporal and demographic dimensions. *The Professional Geographer*, 64(2), 286-302.

Chuang, W. C., & Gober, P. (2015). Predicting hospitalization for heat-related illness at the census-tract level: accuracy of a generic heat vulnerability index in Phoenix, Arizona (USA). *Environmental health perspectives*, 123(6), 606-612.

Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J. et al. (2019). Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science & Policy*, 98, 20-29.

Collard, R. C., Dempsey, J., & Sundberg, J. (2015). A manifesto for abundant futures. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(2), 322-330.

- Conlon, K. C., Mallen, E., Gronlund, C. J., Berrocal, V. J., Larsen, L., & O'Neill, M. S. (2020). Mapping human vulnerability to extreme heat: A critical assessment of heat vulnerability indices created using principal components analysis. *Environmental health perspectives*, 128(9).
- Cutter, S. L. (2003). The vulnerability of science and the science of vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers*, 93 (1), 1-12.
- Depietri, Y., Welle, T., & Renaud, F. G. (2013). Social vulnerability assessment of the Cologne urban area (Germany) to heat waves: Links to ecosystem services. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 6, 98-117.
- Dhorde, A. G., Desai, M. S., Dhorde, A. A., & Korade, M. S. (2022). Vulnerability of tropical Indian cities to augmenting heat stress during summer and monsoon season months (1969–2015). *Meteorology & Atmospheric Physics*, 134(4).
- Dong, J., Peng, J., He, X., Corcoran, J., Qiu, S., & Wang, X. (2020). Heatwave-induced human health risk assessment in megacities based on heat stress-social vulnerability-human exposure framework. *Landscape & Urban Planning*, 203.
- Dongo, K., Kablan, A. K. M., & Kouamé, F. K. (2018). Mapping urban residents' vulnerability to heat in Abidjan, Côte d'Ivoire. *Climate & Development*, 10(7), 600-613.
- Dow, K. (1992). Exploring differences in our common future (s): the meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum*, 23(3), 417-436.
- El-Zein, A., & Tonmoy, F. N. (2015). Assessment of vulnerability to climate change using a multi-criteria outranking approach with application to heat stress in Sydney. *Ecological Indicators*, 48, 207-217.
- Ferreira, E. B., Gonçalves, A. R., Costa, R. S., & Bezerra, F. G. S. (2021). An explicitly spatial approach to identify heat vulnerable urban areas and landscape patterns. *Urban Climate*, 40.
- Fouillet, A., Rey, G., Laurent, F., Pavillon, G., Bellec, S., Guihenneuc-Jouyau, C., Clavel, J., Jougla, E. & Hémon, D. (2006). *Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France*. International Archives of Occupational & Environmental Health, 80, 16-24.
- Füssel, H. M. (2007). Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global environmental change*, 17 (2), 155-167.
- Gilbert, C. (1998). Studying Disaster. Changes in the main conceptual tools. En: Quarantelli E. L. (Ed.), *What is a disaster? Perspectives on the question*. Routledge, London.
- Gonzalez-Trevizo, M. E., Martinez-Torres, K. E., Armendariz-Lopez, J. F., Santamouris, M., Bojorquez-Morales, G., & Luna-Leon, A. (2021). Research trends on environmental, energy and vulnerability impacts of Urban Heat Islands: An overview. *Energy and Buildings*, 246.
- Guo, X., Huang, G., Jia, P., & Wu, J. (2019). Estimating fine-scale heat vulnerability in Beijing through two approaches: spatial patterns, similarities, & divergence. *Remote sensing*, 11(20), 2358.
- Hammer, J., Ruggieri, D. G., Thomas, C. & Caum, J. (2020). Local extreme heat planning: an interactive tool to examine a heat vulnerability index for Philadelphia, Pennsylvania. *Journal of Urban Health*, 97, 519-528.
- Harlan, S. L., Brazel, A. J., Prashad, L., Stefanov, W. L. & Larsen, L. (2006). Neighbourhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Social science & medicine*, 63(11), 2847-2863.
- Harlan, S. L., Delet-Barreto, J. H., Stefanov, W. L., & Petitti, D. B. (2013). Neighbourhood effects on heat deaths: social and environmental predictors of vulnerability in Maricopa County, Arizona. *Environmental health perspectives*, 121(2), 197-204.
- He, C., Ma, L., Zhou, L., Kan, H., Zhang, Y., Ma, W. & Chen, B. (2019). Exploring the mechanisms of heat wave vulnerability at the urban scale based on the application of big data and artificial societies. *Environment international*, 127, 573-583.
- Heaton, M. J., Sain, S. R., Greasby, T. A., Uejio, C. K., Hayden, M. H., Monaghan, A. J. & Wilhelmi, O. V. (2014). Characterizing urban vulnerability to heat stress using a spatially varying coefficient model. *Spatial & spatio-temporal epidemiology*, 8, 23-33.

- Ho, H.C., Knudby, A., Chi, G., Aminipouri, M., Lai, D.Y.-F. (2018). Spatial-temporal analysis of regional socio-economic vulnerability change associated with heat risks in Canada. *Appl. Geogr.*, 95, 61-70.
- Hulley, G., Shivers, S., Wetherley, E. & Cudd, R. (2019). New ECOSTRESS and MODIS land surface temperature data reveal fine-scale heat vulnerability in cities: A case study for Los Angeles County, California. *Remote Sensing*, 11(18).
- Inostroza, L., Palme, M. & De La Barrera, F. (2016). A heat vulnerability index: spatial patterns of exposure, sensitivity and adaptive capacity for Santiago de Chile. *PLOS one*, 11(9).
- IPCC. (2018). Summary for Policymakers. En: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M. & Waterfield, T. (Ed.), *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, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. En: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R. & Zhou, B. (Ed.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 3-32.
- Iqbal, N., Ravan, M., Jamshed, A., Birkmann, J., Somarakis, G., Mitraka, Z. & Chrysoulakis, N. (2022). Linkages between typologies of existing urban development patterns and human vulnerability to heat stress in Lahore. *Sustainability*, 14(17).
- Jagarnath, M., Thambiran, T. & Gebreslasie, M. (2020). Heat stress risk and vulnerability under climate change in Durban metropolitan, South Africa—identifying urban planning priorities for adaptation. *Climatic Change*, 163, 807–829.
- Johnson, P. D., Stanforth, A., Lulla, V. y G. Luber. (2012). Developing an applied extreme heat vulnerability index utilizing socio-economic and environmental data. *Appl. Geogr.* 35, 23-31.
- Karanja, J., & Kiage, L. (2021). Perspectives on spatial representation of urban heat vulnerability. *Science of The Total Environment*, 774.
- Karanja, J., Wanyama, D. & Kiage, L. (2022). Weighting mechanics and the spatial pattern of composite metrics of heat vulnerability in Atlanta, Georgia, USA. *Science of The Total Environment*, 812.
- Kershaw, S. E., & Millward, A. (2012). A spatio-temporal index for heat vulnerability assessment. *Environmental monitoring & assessment*, 184, 7329-7342.
- Kim, Y. & Kim, Y. (2024). Deep Learning-Based analytic framework using comprehensive urbanization index for heat vulnerability assessment in urban areas. *Expert Systems with Applications*.
- Kim, Y., Li, D., Xu, Y., Zhang, Y., Li, X., Muhlenforth, L. & Brown, R. (2023). Heat vulnerability and street-level outdoor thermal comfort in the city of Houston: Application of google street view image derived SVFs. *Urban Climate*, 51.
- Klinenberg, E. (2002). *Heat wave: A Social Autopsy of Disaster in Chicago*. University of Chicago Press.
- Kwon, Y. J., Lee, D. K. & Kwon, Y. H. (2020). Is sensible heat flux useful for the assessment of thermal vulnerability in Seoul (Korea)? *International Journal of Environmental Research & Public Health*, 17(3).
- Lanza, K., Jones, J., Acuña, F., Coudert, M., Bixler, R. P., Kamath, H. & Niyogi, D. (2023). Heat vulnerability of Latino and Black residents in a low-income community and their recommended adaptation strategies: A qualitative study. *Urban Climate*, 51.
- Lapola, D. M., Braga, D. R., Di Giulio, G. M., Torres, R. R. & Vasconcellos, M. P. (2019). Heat stress vulnerability and risk at the (super) local scale in six Brazilian capitals. *Climatic Change*, 154, 477-492.
- Lavell A. (2000). Desastres urbanos: Una visión global. *Momentos*. 15 (5). Guatemala, ASIES.

- Lee, S. & First, J. M. (2023). Investigation of the Microenvironment, Land Cover Characteristics, and Social Vulnerability of Heat-Vulnerable Bus Stops in Knoxville, Tennessee. *Sustainability*, 15 (14).
- Lee, Y. J. (2014). Social vulnerability indicators as a sustainable planning tool. *Environmental Impact Assessment Review*, 44, 31-42.
- Lemonsu, A., Viguié, V., Daniel, M., Masson, V. (2015). Vulnerability to heat waves: Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France). *Urban Climate*, 14(4), 586-605.
- Li, F., Yigitcanlar, T., Nepal, M., Thanh, K. N., & Dur, F. (2022). Understanding urban heat vulnerability assessment methods: A PRISMA review. *Energies*, 15 (19).
- Li, X., Wang, G., Zaitchik, B., Hsu, A., & Chakraborty, T. C. (2023). Sensitivity and vulnerability to summer heat extremes in major cities of the United States. *Environmental Research Letters*, 19(9).
- Liu, X., Yue, W., Yang, X., Hu, K., Zhang, W. & Huang, M. (2020). Mapping urban heat vulnerability of extreme heat in Hangzhou via comparing two approaches. *Complexity*, 2020, 1-16.
- Loughnan, E., Tapper, E. M., Phan, N., & McInnes, J. A. (2014). Can a spatial index of heat-related vulnerability predict emergency service demand in Australian capital cities?. *International Journal of Emergency Services*, 3(1), 6-33.
- Macnee, R. G., & Tokai, A. (2016). Heat wave vulnerability and exposure mapping for Osaka City, Japan. *Environment Systems and Decisions*, 36, 368-376.
- Mallen, E., Stone, B., & Lanza, K. (2019). A methodological assessment of extreme heat mortality modeling and heat vulnerability mapping in Dallas, Texas. *Urban Climate*, 30.
- Maragno, D., Dalla Fontana, M., & Musco, F. (2020). Mapping heat stress vulnerability and risk assessment at the neighborhood scale to drive Urban adaptation planning. *Sustainability*, 12(3).
- Maskrey, A. (1993). *Los desastres no son naturales*. Red de estudios sociales para la prevención de desastres en América Latina.
- Melis, G., Di Gangi, E., Ellena, M., Zengarini, N., Ricciardi, G., Mercogliano, P. & Costa, G. (2023). Urban Heat Island effect and social vulnerability in Turin: Prioritizing climate change mitigation action with an equity perspective. *Science Talks*.
- Méndez-Lázaro, P., Muller-Karger, F. E., Otis, D., McCarthy, M. J. & Rodríguez, E. (2018). A heat vulnerability index to improve urban public health management in San Juan, Puerto Rico. *International journal of biometeorology*, 62, 709-722.
- Mushore, T. D., Mutanga, O., Odindi, J., & Dube, T. (2018). Determining extreme heat vulnerability of Harare Metropolitan City using multispectral remote sensing and socio-economic data. *Journal of Spatial Science*, 63(1), 173-191.
- Navarro-Estupiñan, J., Robles-Morua, A., Díaz-Caravantes, R. & Vivoni, E. R. (2020). Heat risk mapping through spatial analysis of remotely-sensed data and socioeconomic vulnerability in Hermosillo, México. *Urban Climate*, 31.
- Oke, T. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment Pergamon Press*, 7, 769-779.
- ONERC. (2023). *Les vagues de chaleur dans un contexte de changement climatique*. Rapport de l'ONERC au Premier ministre et au Parlement. La Documentation française. Paris.
- Pasquini, L., van Aardenne, L., Godsmark, C. N., Lee, J., & Jack, C. (2020). Emerging climate change-related public health challenges in Africa: A case study of the heat-health vulnerability of informal settlement residents in Dar es Salaam, Tanzania. *Science of the total environment*, 747.
- Patz, J.A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T. & Foley, J.A. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 438, 7066.
- Prosdociimi, D. & Klima, K. (2020). Health effects of heat vulnerability in Rio de Janeiro: A validation model for policy applications. *SN Applied Sciences*, 2, 1-11.
- Quesada-Ganuza, L., Garmendia, L., Álvarez, I. & Rojí, E. (2023). Vulnerability assessment and categorization against heat waves for the Bilbao historic area. *Sustainable Cities and Society*, 98.

- Räsänen, A., Heikkinen, K., Piila, N. & Juhola, S. (2019). Zoning and weighting in urban heat island vulnerability and risk mapping in Helsinki, Finland. *Regional Environmental Change*, 19, 1481-1493.
- Rathi, S. K., Chakraborty, S., Mishra, S. K., Dutta, A., & Nanda, L. (2021). A heat vulnerability index: Spatial patterns of exposure, sensitivity and adaptive capacity for urbanites of four cities of India. *International journal of environmental research & public health*, 19(1).
- Reghezza, M. (2006). La vulnérabilité, un concept problématique. En: Léone, F. & Vinet, F. (Ed.), *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles*. Analyses géographiques. Géorisque, 1, Montpellier.
- Reischl, C., Rauter, R. & Posch, A. (2016). Urban vulnerability and adaptation to heat waves: a case study of Graz (Austria). *Climate Policy*, 18(1), 63-75.
- Rinner, C., Patychuk, D., Bassil, K., Nasr, S., Gower, S. & Campbell, M. (2010). The role of maps in neighborhood-level heat vulnerability assessment for the city of Toronto. *Cartography & Geographic Information Science*, 37(1), 31-44.
- Rosenthal, J. K., Kinney, P.L., Metzger, K.B., (2014). Intra-urban vulnerability to heat related mortality in New York City, 1997-2006. *Health & place*, 30, 45-60.
- Salvador, C., Gullón, P., Franco, M. & Vicedo-Cabrera, A. M. (2023). Heat-related first cardiovascular event incidence in the city of Madrid (Spain): Vulnerability assessment by demographic, socioeconomic, and health indicators. *Environmental research*, 226.
- Sampson, N. R., Gronlund, C. J., Buxton, M. A., et al. (2013). Staying cool in a changing climate: Reaching vulnerable populations during heat events. *Global Environmental Change*, 23(2), 475-484.
- Samuelson, H., Baniassadi, A., Lin, A., Izaga González, P., Brawley, T. & Tushar, N. (2020). Housing as a critical determinant of heat vulnerability & health, *Science of the total environment*, 720.
- Schinasi, L. H., Kanungo, C., Christman, Z., Barber, S., Tabb, L. & Headen, I. (2022). Associations between historical redlining and present-day heat vulnerability housing and land cover characteristics in Philadelphia, PA. *Journal of Urban Health*, 99(1), 134-145.
- Serrano, P. Y., Gómez, D. T. & Bieńkowska, Z. (2023). Energy vulnerability and self-imposed austerity: An ethnographic approach to adaptation strategies to extreme heat among older adults in Madrid. *Energy Research & Social Science*, 103.
- Shaposhnikov, D., Revich, B., Bellander, T., Bedada, G. B., Bottai, M., Kharkova, T., Kvasha, E., Lezina, E., Lind, T., Semutnikova, E. & Pershagen, G. (2014). Mortality Related to Air Pollution with the Moscow Heat Wave and Wildfire of 2010. *Epidemiology*, 25, 359-364.
- Sidiqui, P., Roös, P. B., Herron, M., Jones, D. S., Duncan, E., Jalali, A. & Irshad, M. (2022). Urban Heat Island vulnerability mapping using advanced GIS data and tools. *Journal of Earth System Science*, 131(4).
- Souverein, N., De Ridder, K., Veldeman, N., Lefebvre, F., Kusambiza-Kiingi, F., Memela, W. & Jones, N. K. (2022). Urban heat in Johannesburg and Ekurhuleni, South Africa: A meter-scale assessment and vulnerability analysis. *Urban Climate*, 46.
- Stafoggia, M., Forastiere, F., Agostini, D., Biggeri, A., Bisanti, L., Cadum, E. & Perucci, C. A. (2006). Vulnerability to heat-related mortality: a multicity, population-based, case-crossover analysis. *Epidemiology*, 315-323.
- Stone, B., Hess, J. J. & Frumkin, H. (2010). Urban form and extreme heat events: are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities?. *Environmental health perspectives*, 118(10), 1425-1428.
- Sunhui, S. (2017). Social vulnerability to heat in Greater Atlanta, USA: spatial pattern of heat, NDVI, socioeconomics and household composition. *Remote Sensing Technologies & Applications in Urban Environments II*, 11-18.
- Tieskens, K. F., Smith, I. A., Jimenez, R. B., Hutyrá, L. R. & Fabian, M. P. (2022). Mapping the gaps between cooling benefits of urban greenspace and population heat vulnerability. *Science of The Total Environment*, 845.
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Luers, A., Martello M. L., Polsky, C., Pulsipher, A. & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the national academy of sciences*, 100 (14), 8074-8079.

Uejio, C. K., Wilhelmi, O. V., Golden, J. S., Mills, D. M., Gulino, S. P., & Samenow, J. P. (2011). Intra-urban societal vulnerability to extreme heat: the role of heat exposure and the built environment, socioeconomics, and neighborhood stability. *Health & place*, 17(2), 498-507.

UNDRR. (2023). GAR Special Report: Measuring Resilience for the Sustainable Development Goals. Geneva. <https://www.undrr.org/gar/gar2023-special-report>

Vandentorren, S., Suzan, F., Medina, S., Pascal, M., Maulpoix, A., Cohen, J. C. & Ledrans, M. (2004). Mortality in 13 French cities during the August 2003 heat wave. *American journal of public health*, 94 (9), 1518-1520.

Voelkel, J., Hellman, D., Sakuma, R. & Shandas, V. (2018). Assessing vulnerability to urban heat: A study of disproportionate heat exposure and access to refuge by socio-demographic status in Portland, Oregon. *International journal of environmental research & public health*, 15(4), 640.

Watkins, L. E., Wright, M. K., Kurtz, L. C., Chakalian, P. M., Mallen, E. S., Harlan, S. L. & Hondula, D. M. (2021). Extreme heat vulnerability in Phoenix, Arizona: A comparison of all-hazard and hazard-specific indices with household experiences. *Applied geography*, 131.

Weber, S., Sadoff, N., Zell, E., & de Sherbinin, A. (2015). Policy-relevant indicators for mapping the vulnerability of urban populations to extreme heat events: A case study of Philadelphia. *Applied Geography*, 63, 231-243.

Wilhelmi, O. V. & Hayden M. H. (2010). Connecting people and place: a new framework for reducing urban vulnerability to extreme heat. *Environmental Research Letters*, 5.

Wilson, B. & Chakraborty, A. (2019). Mapping vulnerability to extreme heat events: lessons from metropolitan Chicago. *Journal of Environmental Planning & Management*, 62(6), 1065-1088.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. (2004). *At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge, London.

Wolf, T. & McGregor, G. (2013). The development of a heat wave vulnerability index for London, United Kingdom. *Weather & Climate Extremes*, 1, 59-68.

Wolf, T., McGregor, G., & Analitis, A. (2014). Performance assessment of a heat wave vulnerability index for greater London, United Kingdom. *Weather, climate, and society*, 6(1), 32-46.

Wu, X., Liu, Q., Huang, C. & Li, H. (2022). Mapping heat-health vulnerability based on remote sensing: a case study in Karachi. *Remote Sensing*, 14(7).

Yang, J., Yin, P., Sun, J., Wang, B., Zhou, M., Li, M. & Liu, Q. (2019). Heatwave and mortality in 31 major Chinese cities: definition, vulnerability and implications. *Science of The Total Environment*, 649, 695-702.

Yi, C., & Kwon, H. (2023). Spatial relationship between heat illness incidence and heat vulnerability in Gurye and Sunchang, South Korea, 2018. *International journal of environmental research & public health*, 20(11).

Zhang, W., McManus, P. & Duncan, E. (2018). A raster-based subdividing indicator to map urban heat vulnerability: A case study in Sydney, Australia. *International journal of environmental research & public health*, 15(11), 2516.

Zhi, C., Yan, T., Nana, L. & Matthias, D. (2023). Assessing & Mitigating the Heat Vulnerability from the Perspective of Morphological Regions: A Case Study in Beijing. *China City Planning Review*, 32(4), 35-42.

Zottarelli, L. K., Xu, X., Sunil, T. S., Chowdhury, S. & Sunil, T. (2023). Just Plain Hot: Examining Summer Daily High Heat Indices & Community-Level Social Vulnerability on Emergency Medical Services On-Scene Responses in San Antonio, Texas, 2015-2018. *Cureus*, 15(6).

Zuhra, S. S., Tabinda, A. B. & Yasar, A. (2019). Appraisal of the heat vulnerability index in Punjab: a case study of spatial pattern for exposure, sensitivity, and adaptive capacity in megacity Lahore, Pakistan. *International journal of biometeorology*, 63, 1669-1682.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de [Atribución CC 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Usted debe reconocer el crédito de la obra de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede compartir y adaptar la obra para cualquier propósito, incluso comercialmente. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace. No hay restricciones adicionales. Usted no puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier uso permitido por la licencia.