

Vulnerabilidad climática urbana: isla de calor y marginación. El caso de Torreón, Coahuila

Jorge Villanueva-Solis, Profesor Investigador, Universidad Autónoma de Coahuila.

Email: jorge.villanueva@uadec.edu.mx, ORCID_ID: 0000-0002-9778-9225



J. Andrés Quiroa Herrera, Profesor Investigador, Universidad Autónoma de Coahuila.

ORCID_ID: 0000-0003-1173-9639



Alleck J. González Calderón, Profesor Investigador, Universidad Autónoma de Coahuila.

ORCID_ID: 0000-0001-6850-7594

Hatso Hnini Revista de Investigación de Paisajes y Espacio Construido ISSN: 2683-3034, Vol.1 Núm.2 Año 2022

Fechas del Artículo:

Recibido: 10/06/2022

Dictamen: 05/07/2022

Aceptado: 17/07/2022

Publicado: 02/08/2022

Forma de citar este artículo: Villanueva J., Quiroa A. y González A. (2022). Vulnerabilidad climática urbana: isla de calor y marginación. El caso de Torreón, Coahuila, *Hatso Hnini Revista de Investigación de Paisajes y Espacio Construido*, Vol 1 No. 2 pp. 1-11

DOI <https://doi.org/10.47386/2022V1N2AVCC>

Resumen

En este trabajo, se analiza la vulnerabilidad climática en un sector habitacional con grado de marginación en la ciudad de Torreón al norte de México. Integrando distintas fuentes de información y métodos de análisis, se dimensionaron las alteraciones al microclima y sus impactos en la vivienda y su entorno. Al contrastar, el comportamiento térmico con los índices de marginación y las características de la vivienda y su población, se identificaron criterios orientados a mejorar las capacidades de resiliencia climática de la población en el sector.

Los resultados de este trabajo contribuyen a dimensionar la complejidad de la vulnerabilidad climática en un contexto urbano. Asimismo, permite visualizar las alteraciones al microclima y sus impactos en la vivienda y su población. Por otra parte, proporciona criterios vinculados a los instrumentos para el desarrollo urbano y su planeación, en temas de implementación de estrategias mitigación y adaptación ante el cambio climático en sectores con mayor vulnerabilidad climática.

Palabras clave: vulnerabilidad climática; Isla de calor urbana; marginación; vivienda.

Abstract

In this paper, it is analyzed the climate vulnerability in

a housing sector with a degree of marginalization in the city of Torreón in northern Mexico. Integrating different information sources and analysis methods, the alterations to the microclimate and their impacts on the dwelling and its surroundings were dimensioned. By contrasting the thermal behavior with the marginalization indices and the characteristics of the dwelling and its population, criteria aimed at improving the climate resilience capacities of the population in the sector were identified.

The results of this work contribute to dimensioning the complexity of climate vulnerability in an urban context. Likewise, it allows to visualize the alterations to the microclimate and its impacts on the dwelling and its population. On the other hand, it provides criteria linked to the instruments for urban development and its planning, in matters of implementation of mitigation strategies and adaptation to climate change in sectors with greater climate vulnerability.

Keywords: climate vulnerability; urban heat island; marginalization; housing.

Introducción

El concepto de isla de calor urbana (ICU) define el calor característico tanto de la atmósfera, como de las superficies en las áreas urbanas, comparadas con sus entornos no urbanizados.

Este fenómeno se debe, por una parte, a las transformaciones de las características de superficie del suelo causadas por los procesos de urbanización y construcción, y en la atmósfera por la quema de combustibles fósiles, que en conjunto provocan modificaciones e impactos a la calidad del clima urbano (EPA, 2008). La ICU es el efecto climático más estudiado de las ciudades y un fenómeno icónico del clima urbano (Stewart y Oke, 2009; Jáuregui, 2006). El calentamiento que resulta de las islas de calor en áreas pequeñas como las ciudades es un ejemplo de cambio climático local, se han dado pruebas de la existencia de cambios sistemáticos importantes derivados de este fenómeno y que han sido documentados desde los primeros informes del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1995).

En las áreas urbanas se altera la cobertura natural del suelo al construir o pavimentar con materiales con propiedades de reflectancia solar, emisividad térmica y capacidad calorífica que influyen en el desarrollo de las ICU (Stewart y Oke, 2009). Estas alteraciones en el entorno y cambios en el microclima urbano tienen efectos negativos en la población, sobre todo, aquella en condiciones de vulnerabilidad y pobreza, esto se debe, a que la mayor parte de las comunidades pobres cuentan con menor abastecimiento de agua y acceso a servicios básicos, están expuestos a enfermedades y perciben bajos ingresos. (Jáuregui y Tejeda, 2001; Sánchez, et al., 2011; López, 2014; CEPAL, 2017).

Al respecto, en las últimas tres décadas, la ciudad de Torreón, en el estado de Coahuila, ha experimentado un crecimiento de la superficie urbanizada, aumentando en más del doble desde el año 1987 (POE, 2014). Este proceso ha significado la reducción de coberturas naturales o seminaturales (vegetación endémica, campos agrícolas y ganaderos), por usos de suelo urbanos que se caracterizan por tener superficies impermeables del 75% al 100% y menor humedad superficial disponible para la evapotranspiración, en los que se desarrolla una isla de calor muy homogénea y una intensificación de las ondas de calor.

Esto ha contribuido a incrementar algunas problemá-

ticas socioambientales al sur de la ciudad, un sector en el que, por una parte, se ubican las colonias con mayor grado de marginación, así como la industria pesada (cementos, cal, metales y química industrial). Un sector en el que la calidad ambiental se percibe comprometida en diferentes dimensiones y donde las oportunidades de desarrollo son incipientes.

Lo anterior muestra parte de la importancia de llevar a cabo estudios en los que sea posible cuantificar los impactos en la población, identificar estrategias de mitigación y adaptación ante la ICU (reforestación, azoteas verdes, azoteas y pavimentos frescos) y su vinculación con políticas públicas con el fin de generar una base para la resiliencia climática de este sector de la población.

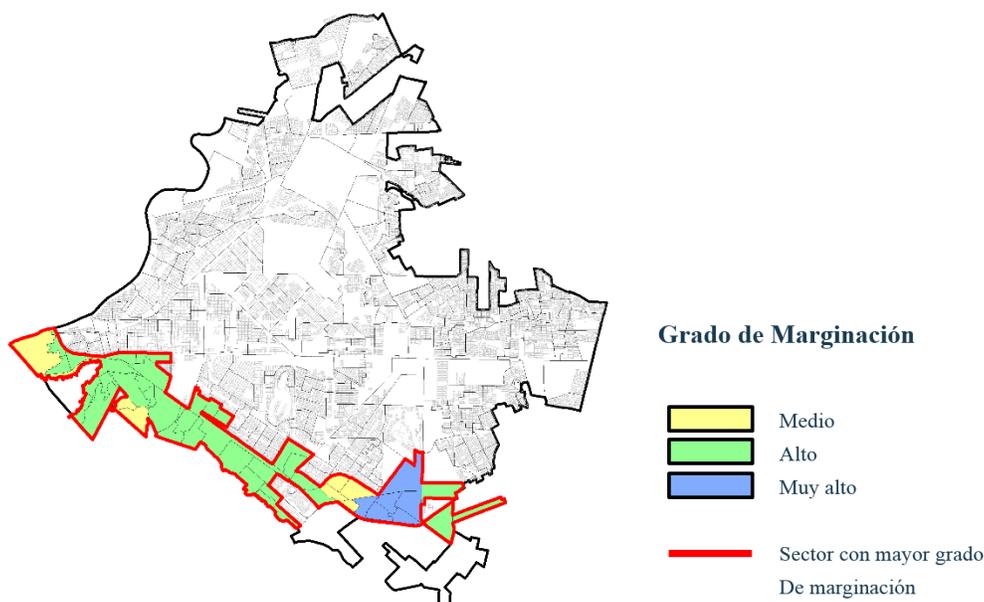
Materiales y métodos

Para llevar a cabo este trabajo se utilizaron distintas fuentes de información integradas en un sistema de información geográfica (SIG), a través de esta herramienta, fue posible dimensionar los impactos de la ICU en el sector de mayor marginación de la ciudad. En general el método permitió, por una parte, analizar la temperatura de superficie e identificar los aspectos que contribuyen a intensificar el fenómeno de la ICU, por otra, contrastar el comportamiento térmico con los índices de marginación y los datos del censo de población y vivienda, comparación que nos ofrece las particularidades para la definición de políticas públicas, orientadas a mejorar las capacidades de resiliencia climática de la población en el sector.

En un primer paso, utilizando los índices de marginación urbana 2010 y 2020 (CONAPO, 2010; CONAPO, 2021) se identificó la situación que presenta el sector sur de la ciudad, y con ello identificar las viviendas con mayor grado de marginación (ver Figura 1).

Posteriormente, utilizando una imagen térmica Landsat 8 de 2019 se analizó la temperatura superficial y se comparó con la obtenida en el estudio Análisis para mitigar la isla de calor urbano (Villanueva-Solis, 2017), esto con el objetivo de identificar la intensificación de la ICU y con ello, establecer los patrones de temperatura que se encuentran en la vivienda del sector sur.

Figura 1. Área de estudio. Sector con mayor grado de marginación.



Fuente: Elaboración propia, con datos de índices de marginación 2010 y 2020 del CONAPO

Por otra parte, se integró información del censo de población y vivienda 2020 (INEGI, 2021) relacionada con la población y las características de la vivienda. Asimismo, se identificaron los factores que contribuyen al desarrollo de la ICU, a fin de realizar un análisis previo de las variables que influyen en la intensificación de la ICU.

Para realizar la interpretación de la información, se integró la información obtenida en el SIG, para elaborar mapas temáticos y presentar los resultados de los patrones de temperatura en las áreas habitacionales en el sector de marginación, además de identificar las zonas con mayor gradiente de temperatura superficial y determinar los efectos negativos que influyen en la ICU relacionadas con los índices de marginación.

Contexto de la ciudad de Torreón

Ubicada en el extremo suroeste del estado de Coahuila en la biorregión del desierto de Chihuahua, la ciudad de Torreón se localiza en las coordenadas: al norte 25°42', al sur 24°48' de latitud norte; al este 102°57', al oeste 103°31' de longitud oeste, y una altura sobre el nivel del mar de 1,120 metros. El clima predominante en la región es del tipo (BWhw)

Muy árido, semicálido, con temperatura media anual entre 18 °C y 22 °C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% de un total anual de 266.7 mm. (CONABIO, 1998)

En lo que respecta a los escenarios de cambio climático, Mendoza-Hernández et al., (2013) establecen que el aumento promedio anual de las temperaturas en la región será del orden de 4.4 °C en el 2080 bajo el escenario A2, y de 2.7 °C con el escenario B1 y serán los meses de verano en los que se presentarán las temperaturas más altas para ambos escenarios. En cuanto a la precipitación, la magnitud total anual para ambos escenarios indica que la lluvia será menor en la región Laguna, acentuando con ello la aridez.

Torreón es una ciudad fundada a principios del siglo veinte sobre una planicie de inundación, su fisiografía es prácticamente plana lo cual contribuye a que la transmisión de calor sea muy uniforme. Los resultados del censo de población y vivienda 2020 indican que el municipio de Torreón cuenta con una población de 720,848 habitantes (INEGI, 2021), mientras que la extensión de la ciudad cubre una superficie de 15,288.8 hectáreas, correspondiente al 49% del total del municipio (IMPLAN, 2020).

Zona de marginación al sur de la ciudad

El área de estudio la integran 55 polígonos con distintos grados de marginación que incluyen desde el grado medio hasta muy alto (CONAPO, 2010; CONAPO, 2021), como se muestra en la figura 1. En un primer paso, se analizó el índice de marginación en el sector sur de la ciudad, incorporando los datos de vivienda por AGEB, resaltando tres variables del indicador de marginación relacionadas con la dotación

de infraestructura y servicios a la vivienda, como son: el porcentaje de viviendas particulares sin agua entubada dentro de la vivienda (IND5), porcentaje de viviendas particulares con piso de tierra (IND8) y el porcentaje de viviendas particulares sin refrigerador (IND10); asimismo se incluyó el porcentaje de población no derechohabiente a los servicios de salud (IND3). Estos primeros resultados permiten observar de manera general la dimensión de la problemática.

Tabla 1: Índice de marginación, vivienda y población.

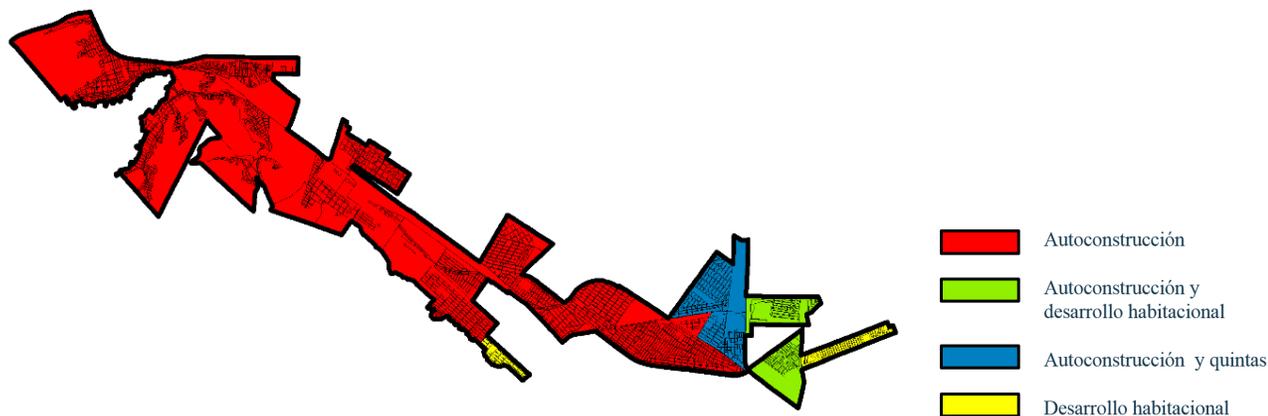
Marginación	Vivienda	Población
Vivienda con índice de marginación menor IND3 ⁽¹⁾ : 22.9 – 37.9 IND5 ⁽²⁾ : 0 - 7.36 IND8 ⁽³⁾ : 0.4 – 4.0 IND10 ⁽⁴⁾ : 2.7 – 9.0	16,818	51,600
Vivienda con índice de marginación mayor IND3: 37.9 – 54.6 IND5: 7.3 – 97.1 IND8: 4.0 – 73.4 IND10: 9.0 – 37.2	17,091	51,665
Total:	33,909	103,265

- (1) Porcentaje de población no derechohabiente a los servicios de salud (IND3).
- (2) Porcentaje de viviendas particulares sin agua entubada dentro de la vivienda (IND5).
- (3) Porcentaje de viviendas particulares con piso de tierra (IND8).
- (4) Porcentaje de viviendas particulares sin refrigerador (IND10).

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI y CONAPO.

Posteriormente se clasificó la vivienda conforme a sus características constructivas (figura 2); vivienda de autoconstrucción ubicada en colonias populares como: Vicente Guerrero, Metalúrgica, Braulio Fernández Aguirre, Nueva merced y Antigua aceitera; y la vivienda de desarrollo habitacional ubicado en las colonias ubicadas al oriente de la ciudad, entre ellas la colonia Ex hacienda la Perla, cabe mencionar que en área de estudio existe la vivienda transformada en quintas campestre. La vivienda de autoconstrucción al suroeste de la ciudad cuenta con pisos de cemento o firme, mosaico y otros recubrimientos, las paredes y techos se componen por materiales sólidos como el ladrillo, block y piedra con techos de concreto sólido o aligerado. Por otro lado, la vivienda de autoconstrucción que se ubica al sureste existe un mayor porcentaje de viviendas sin refrigerador, agua entubada, población no derechohabiente a los servicios de salud y vivienda con piso de tierra, los materiales de construcción utilizados en los techos y paredes son naturales, ligeros y precarios como la madera, lámina de cartón, asbesto, metálicas y otros materiales reutilizados. El desarrollo habitacional o vivienda de interés social se encuentran en fraccionamientos desarrollados en serie, en las colonias ubicadas al oriente del sector, estas se construyeron a base de: pisos o firme de concreto, con algunos acabados cerámicos, sus muros son principalmente a base de block de cemento y sus losas o azoteas de concreto. Como se puede observar la clasificación de vivienda indica mayormente autoconstrucción.

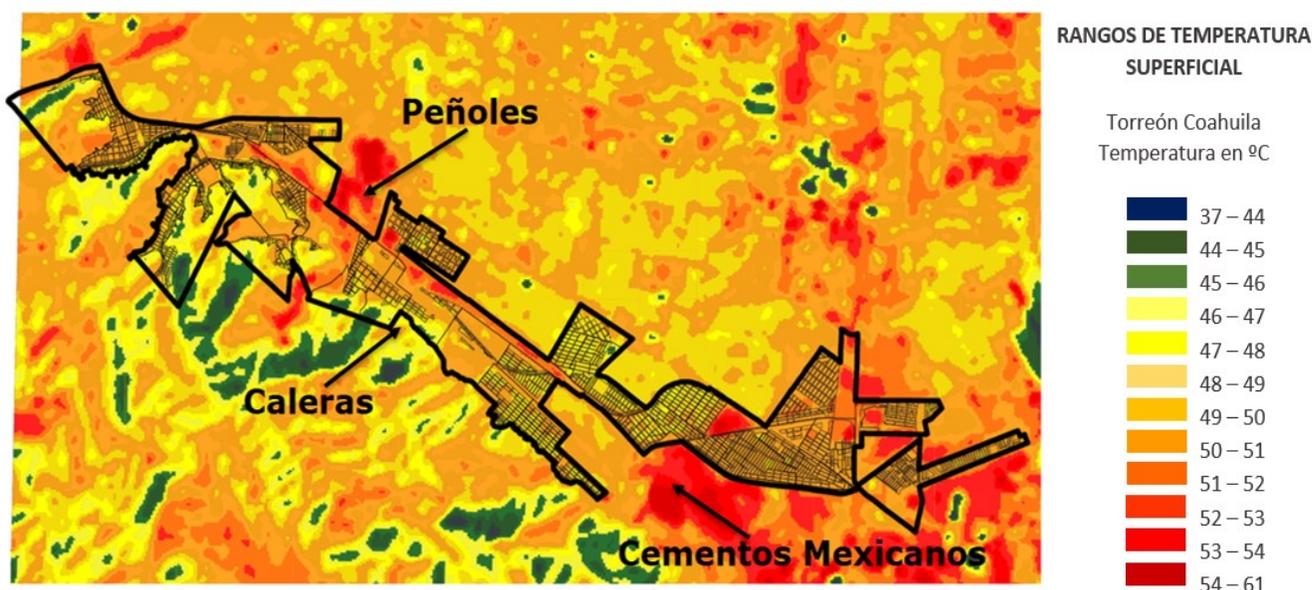
Figura 2. Tipología de vivienda en el sector de marginación.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra los resultados del análisis de intensidad de la ICU al sur de la ciudad, para ello se utilizó la banda infrarroja de una imagen tipo Landsat 8. Con los resultados de este análisis, fue posible enmarcar los sectores de vivienda en la zona de marginación y su correspondiente gradiente de temperatura superficial. En la siguiente figura, se observan los sectores con mayor y menor intensidad de ICU, la variación en los patrones de temperatura se identifican un rango de 45°C a 61°C. Con estos resultados, es posible inferir la vulnerabilidad climática que representa para una población en situación de marginación, enfrentar además los impactos del cambio climático local.

Figura 3. Rangos de temperatura superficial en el sector sur.



Fuente: Elaboración propia, utilizando banda infrarroja de imagen Landsat 8.

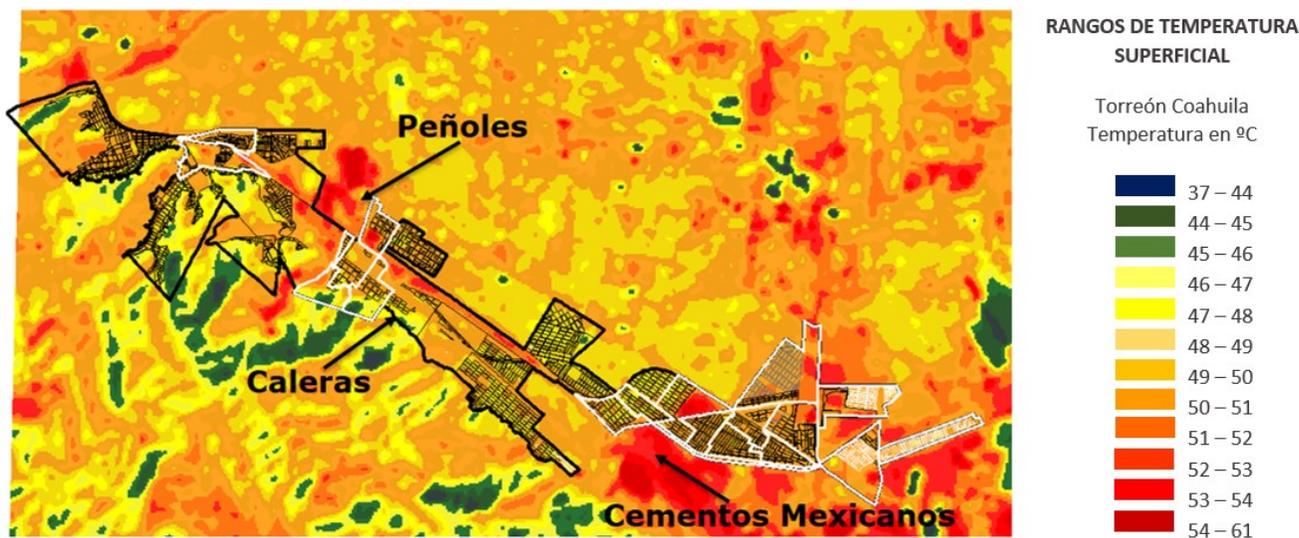
En la imagen anterior es posible identificar diferencias en la intensidad de la ICU, si relacionamos este hecho con las distintas zonas de vivienda, identificamos que, la vivienda con menor intensidad de ICU se localiza al suroeste de la ciudad; por el contrario, la vivienda que se ubica en áreas con mayor intensidad de ICU (mayor a 52°C) se localiza al sureste de la ciudad, cercana a la industria Peñoles y en otros casos cercana a predios en proceso de urbanización en los que se ha removido la cobertura vegetal natural del suelo.

En la literatura se indica que los factores que influyen en el desarrollo de la ICU se relacionan con la morfología urbana y las áreas verdes, además de las actividades de la población (Oke ,1973; Roth ,2012). Por lo observado en el análisis anterior y en los antecedentes de la ICU en la ciudad (Villanueva-Solis,

2017), se puede deducir que el comportamiento térmico en este sector de la ciudad se relaciona con las características de la urbanización y los materiales utilizados para la edificación, estos alteran el balance de energía de la superficie urbana, además, si consideramos la eliminación de la cobertura vegetal natural y la escasez de áreas verdes, tenemos como resultado menor sombra y humedad para reducir la temperatura ambiente, y por lo tanto la intensificación de la ICU.

Con la finalidad de contar con mayor detalle sobre la situación de la vivienda en las distintas zonas de este sector, se analizaron dieciséis AGEBS en lo que se presentan temperaturas superiores a los 52°C y con las diferentes características de tipología de vivienda ver figura 4.

Figura 4. Polígonos de vivienda con mayor intensidad de ICU.



Fuente: Elaboración propia, utilizando como base la imagen Landsat 8

Este conjunto de polígonos se distribuyen de la siguiente manera: once con tipología de vivienda de autoconstrucción ubicados en las siguientes colonias: Eduardo Guerra, Miguel Alemán Valdez, Vicente Guerrero, Metalúrgica, Antigua Aceitera, José López Portillo, La Fe, Compresora, Torreón y anexas, Antigua estación del ferrocarril, Nueva merced, Ampliación nueva merced, Las Estrellas-El pensador, José Luz Torres, Cuca Orona, Ampliación el

arenal, Ampliación Zaragoza sur, Zaragoza sur, María Mercado de López Sánchez y rinconada Zaragoza, que en total suman 7,339 viviendas; dos polígonos más con vivienda de tipología de autoconstrucción y quintas campestre en las colonias María Mercado de López Sánchez y Ejido los Arenales, que en total suman 1,071 viviendas; dos polígonos con vivienda de tipologías desarrollo habitacional y autoconstrucción,

en las colonias Ejido los arenales, La Perla, Los Mo- desarrollo habitacional en la colonia Ex hacienda la nasterios y Santa Sofía, que en total suman 2,479 perla con 1,745 viviendas (ver tabla 2). viviendas; por último un polígono con vivienda de

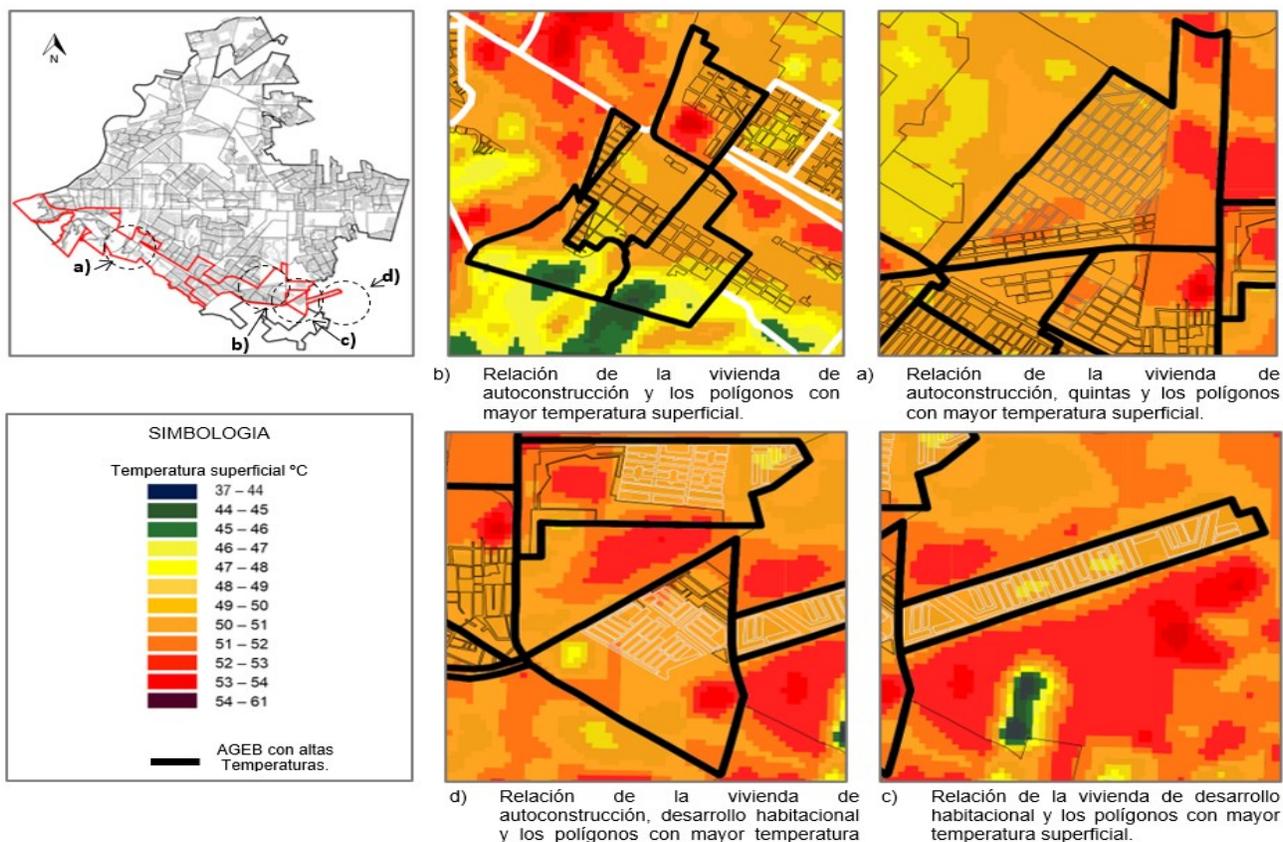
Tabla 2: Tipología de vivienda, población y rangos de temperatura de superficie.

Tipología de vivienda	ICU (°C)	Vivienda	Población
Autoconstrucción	46 -61	7,339	23,060
Autoconstrucción y quintas campestre	48 -61	1,071	2,950
Autoconstrucción y desarrollo habitacional	48 -53	2,479	5,164
Desarrollo habitacional	48 -52	1,745	3,172
Total:		12,634	34,346

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CONAPO y análisis de ICU.

En las siguientes imágenes (figura 5) se puede observar los AGEBS con mayor grado de marginación ciudad no sólo es multidimensional, además compleja, al estar compuesta por diversos aspectos interrelacionados. Hasta este punto, es posible entender que, la situa-

Figura 5: Sectores, tipologías de vivienda e intensificación de la ICU.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente parte del trabajo se profundiza en los principales impactos asociados a la intensificación de la ICU y exacerbados por el grado de marginación de esta población.

Tabla 3: Principales impactos asociados con el grado de marginación.

Impacto	Índice de marginación
1.- Riesgos en la salud en niños y personas de la tercera edad (Heaviside <i>et al.</i> , 2017; Roth, 2012; Tomlinson <i>et al.</i> , 2011; EPA, 2008). Situación que se agrava al no tener acceso a los servicios de salud públicos.	(IND3) Porcentaje de población no derechohabiente a los servicios de salud.
2.- Conforme se intensifica la ICU, aumenta la demanda de agua (Zipper <i>et al.</i> , 2017; Guhathakurta y Gober, 2010; Puliafito <i>et al.</i> , 2013). Situación que se agrava al no contar de manera regular con el servicio de agua de la red municipal.	(IND5) Porcentaje de viviendas particulares sin agua entubada dentro de la vivienda.
3.- La falta de materiales aislantes aplicados a las construcciones, derivan en problemas de confort. (Brito y Oliveira, 2014; Levinson <i>et al.</i> , 2017).	(IND8) Porcentaje de viviendas particulares con piso de tierra. En su mayoría estas viviendas fueron construidas con materiales reutilizados como: <i>pallets</i> , láminas, lonas, etc.
4.- Conforme incrementa la temperatura, la conservación de alimentos y la utilización de sistemas mecánicos de climatización son una necesidad esencial.	(IND10) Porcentaje de viviendas particulares sin refrigerador.

Fuente: Elaboración propia.

Con el propósito de dimensionar los impactos referidos en la tabla anterior, a continuación, se relacionan los AGEBS con mayor grado de marginación, su población y los impactos asociados con la intensificación de la ICU, resaltando con ello la vulnerabilidad climática.

En el tema de los riesgos a la salud, se debe observar a la población sensible como: los niños, los adultos mayores y las personas con condiciones de salud crítica existentes, esta población presenta riesgos particulares con el aumento de las temperaturas, sus cuerpos pueden ser menos capaces de manejar el estrés por calor, creando dificultades respiratorias, golpe de calor y agotamiento relacionado a las altas temperaturas (EPA, 2008). Esta problemática se convierte en un tema crítico al observar la cantidad de población no derechohabiente a los servicios de salud pública.

En este sentido, el análisis realizado por AGEB nos indica que, la población residente en las áreas de

mayor intensidad de la ICU es de 34,346 habitantes, de estos, 11,481 son menores de 14 años y 2,203 son mayores de 65 años. Asimismo, se identifica un 31% de la población como no derechohabiente a los servicios de salud pública.

La intensificación de la ICU aumenta la demanda de agua, así lo indican diversos estudios entre los que se encuentran a: Zipper *et al.*, (2017); Guhathakurta y Gober (2010); y Puliafito *et al.*, (2013). Los resultados del análisis por AGEB indica que la vivienda en este sector presenta un déficit en la dotación de agua, en específico 7,186 viviendas, muestran un déficit de agua entubada dentro de la vivienda, afectando directamente a 17,388 personas.

Por otra parte, la utilización de materiales no adecuados para la construcción por sus características estructurales y también por sus propiedades de aislamiento, derivan problemas de habitabilidad y confort (Brito y Oliveira, 2014 y Levinson, *et al.*, 2017).

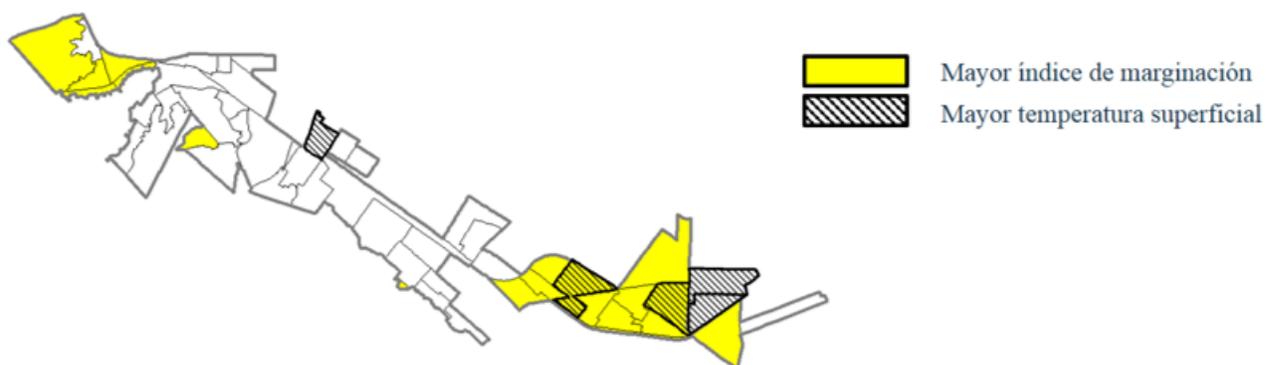
Esta situación se presenta en las zonas de mayor intensidad de la ICU. Los resultados del análisis identifican a 6,376 viviendas que presentan deficiencias en el aislamiento por utilizar materiales inadecuados en su construcción y un mayor porcentaje de piso de tierra.

Finalmente, resulta sencillo entender que, al incrementarse la temperatura es imprescindible contar con electrodomésticos para conservar los alimentos y ventilar los espacios, también se entiende la

necesidad de sistemas de climatización mecánica o coolers (enfriamiento evaporativo) para estar en condiciones de confort.

Sin embargo, las condiciones de ingresos económicos y grado de marginación limitan a las familias de este sector. A través del análisis se identificaron 673 viviendas con el mayor índice de marginación que no cuentan con refrigerador y sistemas de climatización, lo cual se traduce en una afectación a 2,057 personas.

Figura 6. Sector más vulnerable ante los impactos de la ICU.



Fuente: Elaboración propia, con datos de índices de marginación 2010 y 2020 del CONAPO

En la figura anterior se enmarcan las zonas de vivienda más vulnerables, esto es, zonas en donde coincide un alto grado de marginación y una intensificación de la ICU, estas viviendas se localizan en las siguientes colonias: Las Estrellas - El pensador, María Mercado de López Sánchez, José Luz Torres, Cuca Orona, Ampliación el arenal, Ampliación Zaragoza sur, Zaragoza sur, Rinconada Zaragoza, Ejido los arenales, María mercado de López Sánchez y Santa Sofía, en donde las temperaturas de superficie se presentaron en el rango de los 48 a 61°C, afectando a 17,388 personas.

Resultados

Los resultados del trabajo ofrecen evidencias claras de los impactos generados por la intensificación de la ICU en los sectores de vivienda al sur de la ciudad de Torreón. Asimismo, al conjuntar el análisis térmico, el índice de marginación y los datos sobre población y vivienda del censo, es posible identificar el

grado de vulnerabilidad climática al que se enfrentan los habitantes de estas colonias al sur de la ciudad. En general, se observa un rango predominante de 48 a 52°C, donde el sector de vivienda cercana a la industria Peñoles (suroeste) y la vivienda al sureste de la ciudad enfrentan mayor intensidad de la ICU misma que se identificó hasta en 61°C. En comparación con un rango que disminuye a 46°C al sur.

Es posible advertir que, en particular este sector de la ciudad se encuentra mayormente expuesto a los impactos generados por la intensificación de la ICU, que al combinarse con la situación de marginación en la que subsisten, es posible advertir la vulnerabilidad de la población ante la situación de cambio climático local, sobre todo, los habitantes al suroeste de la ciudad, quienes se encuentran más vulnerable al presentar mayor índice de marginación, aunado a las más altas temperaturas que llegan a los 61°C.

Conclusión

La emergencia climática en la que actualmente nos encontramos, permite por una parte argumentar la pertinencia del trabajo. Por otra, lo hace el procedimiento y los resultados obtenidos, en los que se muestra la congruencia de integrar enfoques y métodos distintos con el fin de argumentar la vulnerabilidad climática a la que se enfrenta la población urbana en situación de pobreza; los riesgos a la salud y sus condiciones de calidad de vida de estas familias se observan claramente comprometidos.

Es evidente la necesidad de continuar desarrollando el tema y vincularlo a las instituciones y dependencias de gobierno encargadas de elaborar políticas públicas, de la planeación urbana y de programas sociales, para que desde sus atribuciones orienten esfuerzos a mitigar esta situación.

Referencias

- Brito Filho J.B., T.V. Oliveira Santos (2014). Thermal analysis of roofs with thermal insulation layer and reflective coatings in subtropical and equatorial climate regions in Brazil. *Energy and Buildings*, Volume 84, Pages 466-474. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.08.042>.
- CEPAL (2017). El cambio climático, la distribución del ingreso y la pobreza: el caso de México. Síntesis de Políticas Públicas sobre Cambio Climático. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CONABIO (1998). Climas. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- CONAPO (2010). Índice de marginación por localidad 2010. Consejo Nacional de Población. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-1990-2010>
- CONAPO (2021). Índice de marginación por localidad 2020. Consejo Nacional de Población. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- Environmental Protection Agency, U.S. (2008). Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics. junio 7, 2017, de U.S. EPA Sitio web: <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC (1995). Segunda evaluación del Cambio Climático. Consultado: 19 de abril 2022 en: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/2nd-assessment-sp.pdf>
- Guhathakurta, S., y Gober, P. (2010). Residential Land Use, the Urban Heat Island, and Water Use in Phoenix: A Path Analysis. *Journal of Planning Education and Research*, 30(1), 40–51. <https://doi.org/10.1177/0739456X10374187>
- Heaviside, C., Macintyre, H., y Vardoulakis, S. (2017). The Urban Heat Island: Implications for Health in a Changing Environment. *Current environmental health reports*, 4(3), 296–305. <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0150-3>
- IMPLAN (2020). La estructura urbana de Torreón. Instituto municipal del planeación y competitividad de Torreón. Disponible en: <http://www.trcimplan.gob.mx/blog/la-estructura-urbana-de-torreon-oct-2020.html#:~:text=El%20C3%A1rea%20urbana%20de%20Torre%C3%B3n,ciudad%20de%20Torre%C3%B3n%20est%C3%A1%20urbanizado>.
- INEGI (2021). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Censo de población y vivienda 2021, INEGI, ciudad de México, 2021. De INEGI Sitio web: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Jáuregui, O. E. “Posible impacto de la urbanización creciente en el cambio de clima termal de algunas ciudades de México” en Memoria del V Congreso AEC. Clima, sociedad y medio ambiente, Zaragoza, España, 2006.
- Jáuregui, E., y A. Tejeda (2001). A scenario of human thermal comfort in Mexico City for 2CO2 conditions. *Atmósfera* 14(3): 125-138.

- Levinson, M., Haley E., Melvin P., John T., A. Ban-Weiss. (2017). Recent cool pavement research highlights: Quantifying the energy and environmental consequences of cool pavements. 2017, de Energy Technologies Area (ETA) Sitio web: <https://heatland.lbl.gov/sites/all/files/cool-pavement-highlights.pdf>
- López-Feldman, A. (2014). Cambio climático, distribución del ingreso y la pobreza. El caso de México. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36777/S2013710_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mendoza-Hernández, J. María; Alejandro Zermeño-González; J. Manuel Covarrubias-Ramírez; J. Jesús Cortés-Bracho (2013). Proyecciones climáticas para el estado de Coahuila usando el modelo PRECIS bajo dos escenarios de emisiones. *Agrociencia* 47 (6) 523-537 ISSN 1405-3195
- Oke T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Entorno Atmosférico Pergamon Press*, 7, pp. 769-779.
- Periódico Oficial del Estado (POE). Plan director del desarrollo urbano del municipio de Torreón, Coahuila, Periódico Oficial del Estado Independiente de Coahuila de Zaragoza, Sección I, Tomo CXXI, N° 13, 14 febrero 2014.
- Puliafito, S.E., Bochaca, F., Allende, D. (2013). Mitigación de la isla de calor urbana en ciudades de zonas áridas. *Proyecciones*, 11(2).
- Roth, M. (2012). *Handbook of Environmental Fluid Dynamics, Volume Two*, edited by Harindra Joseph Sermal Fernando. 2013. LLC. ISBN: 978-1-4665-5601-0. CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Sánchez V. Armando, Gay G. Carlos, Estrada P. Francisco (2011). Cambio climático y pobreza en el Distrito Federal. *Investigación económica*, vol. LXX, 278, octubre-diciembre de 2011, pp. 45-74
- Steward, I.D. & Oke, T. (2009). Classifying urban climate field sites by "local climate zones": The case of Nagano, Japan. IN: Preprint, Seventh International Conference on Urban Climate, 29 june -3 july, Yokohama.
- Tomlinson, C.J., Chapman, L., Thornes, J.E. (2011). Including the urban heat island in spatial heat health risk assessment strategies: a case study for Birmingham, UK. *Int J Health Geogr* 10, 42 (2011). <https://doi.org/10.1186/1476-072X-10-42>
- Villanueva-Sólis, Jorge. (2017). Análisis para mitigar la isla de calor. *Ciudades*, 113, pp. 37-41.
- Zipper, S. C., Schatz, J., Kucharik, C. J., and Loheide, S. P. (2017). Urban heat island-induced increases in evapotranspirative demand, *Geophys. Res. Lett.*, 44, 873–881, doi:10.1002/2016GL072190.