

Vulnerabilidad climática y vivienda en zonas áridas: primeros acercamientos en Torreón, Coahuila

Climate vulnerability and housing in arid zones: first approaches in Torreón, Coahuila

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es identificar y contrastar si existen condiciones de vulnerabilidad de acuerdo con las temperaturas del aire y superficiales externas registradas en las viviendas analizadas en la zona estudiada. Para este trabajo se toma como referencia metodológica la "Evaluación de Riesgo y Vulnerabilidad" propuesta por la ONU para evaluar la Vulnerabilidad Climática; se hizo un levantamiento de datos de temperaturas del aire y superficiales en el exterior de seis viviendas seleccionadas y se compararon entre sí para identificar si existen elementos de vulnerabilidad en una situación de calor. Los resultados muestran que, de los casos analizados, existen elementos para afirmar que sí existe vulnerabilidad en función de las temperaturas y que ésta puede incrementar si se toman en cuenta los escenarios de cambio climático para la región.

Palabras Clave: Vivienda, Vulnerabilidad climática, zonas áridas, confort térmico

Abstract

The main aim of this work is to identify, and contrast, whether or not there are vulnerability conditions, according to the air and external surface temperatures recorded at the houses analyzed in the study area. For this work, the "Risk and Vulnerability Assessment," proposed by the United Nations to assess Climate Vulnerability, is taken as a methodological reference; data collection of air and surface temperatures outside six selected homes was carried out, and the results were then compared with each other, to identify if there are elements of vulnerability in hot locations. The results show that, according to the cases analyzed, there are elements to affirm that vulnerability does exist, depending on the temperatures, and that it may increase if the climate change scenarios for the region are taken into account

Keywords: Housing, climatic vulnerability, arid zones, thermal comfort

Jaime Andrés Quiroa

Herrera

Universidad Autónoma
de Coahuila

Alleck Johnnathan

González Calderón

Universidad Autónoma
de Coahuila

Jorge Villanueva Solís

Universidad Autónoma
de Coahuila

Fecha de recepción:

13 de marzo de 2023

Fecha de aceptación:

24 de abril de 2023

[https://doi.org/10.22201/](https://doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2023.27.85765)

[fa.2007252Xp.2023.27.85765](https://doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2023.27.85765)

Introducción

Un de los principales retos a los que se enfrenta la sociedad contemporánea son los efectos derivados de los impactos ambientales generados por los modelos de producción actual, afectaciones entre las que destaca el cambio climático. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publica una serie de informes evidenciando este fenómeno.¹ Así como los posibles escenarios de incremento de las temperaturas, en este sentido el último reporte analiza los escenarios del incremento de 1.5 °C.² Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) también realiza una serie de publicaciones en donde, de acuerdo con proyecciones del IPCC, plantea además de escenarios los posibles riesgos de este fenómeno.³

En el reporte del IPCC de cambio climático: impactos, adaptación y vulnerabilidad, identifica una serie de riesgos clave, y posteriormente hace un análisis de riesgo para cada región. En este reporte define los motores climáticos de los impactos generados por el cambio climático,⁴ entre los que se pueden destacar la tendencia al calentamiento y las temperaturas extremas.

En este mismo reporte mencionan las afectaciones derivadas de los motores climáticos, señalan los riesgos clave, adaptación, perspectivas, riesgo y adaptación de la región de América del Norte (Figura 1). De los riesgos clave es posible destacar morbilidad-mortalidad humana relacionada al calor, por lo que, de acuerdo con estos datos, es evidente la necesidad de estudiar este fenómeno y el posible grado de vulnerabilidad por exposición a estas modificaciones.

La ONU ha editado publicaciones con enfoque en la sustentabilidad de edificios en zonas áridas,⁵ y si bien no contempla la variable

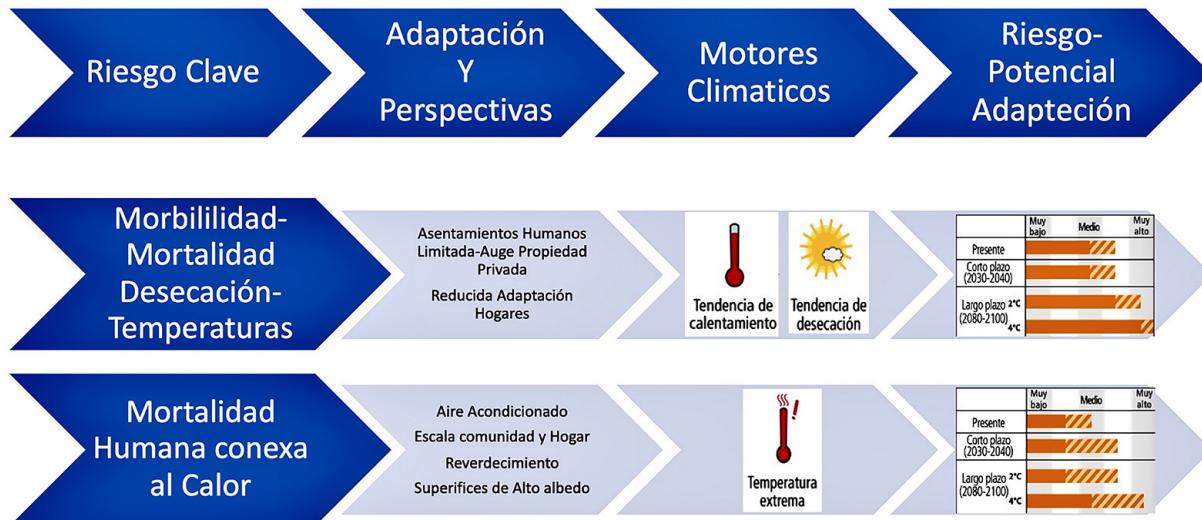
¹ Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, "Reportes", 2023, <<https://www.ipcc.ch/reports/>>, consultado el 5 de febrero de 2023.

² Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, "Informe especial sobre los impactos de un calentamiento global de 1.5 °C y las sendas de emisión relacionadas", 2019, <<https://www.ipcc.ch/sr15/>>, consultado el 15 de marzo de 2023.

³ Organización de las Naciones Unidas, "Climate Change Summit 2019", 2019, <<https://www.un.org/en/climatechange/2019-climate-action-summit>>, consultado el 8 de abril de 2023.

⁴ Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, *Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad*, 2014, <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIAR5-IntegrationBrochure_es-1.pdf>, consultado el 12 de abril de 2023.

⁵ UN-Habitat, *Sustainable Building for hot and arid areas: Marsabit County*, 2017, <<https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2018/09/Manual-on-Sustainable-Building-for-Hot-and-Arid-Areas.pdf>>, consultado el 20 de abril de 2023.



del cambio climático, se considera la adaptación de las edificaciones al clima de la región, especialmente la vivienda.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)⁶ aborda este problema desde la perspectiva urbana en la región, existiendo un primer acercamiento que aborda los temas de mitigación y adaptación al cambio climático realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID),⁷ enfocado en la vivienda pública, donde se plantean las posibles causas del cambio climático, todas relacionadas a la energía para construir y operar edificios o transportar materiales; ante esto propone la mitigación y sus estrategias para una vivienda pública sustentable. Como otra posible causa plantea el aumento de temperaturas y ante esto propone la adaptación de una vivienda pública resiliente, así como sus características.

De acuerdo con el Plan Estatal de Cambio Climático para Coahuila, en la región de La Laguna se presentarán las siguientes amenazas relacionadas al cambio climático: incremento anual medio de la temperatura y olas de calor, entre otras.⁸ Esto evidencia la necesidad de estudiar y evaluar las condiciones ambientales en la región.

Figura 1. Riesgos y Afectaciones para la zona de América del Norte.

Fuente: elaboración propia con datos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014.

⁶ Roberto Sánchez Rodríguez, *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*, 2013, Comisión Económica para América Latina (cepal), <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36622/S2013813_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, consultado el 25 de enero de 2023.

⁷ Carlos Martín, et al., *Mitigación y adaptación al cambio climático a través de la vivienda pública*, Banco Interamericano de Desarrollo, 2013, <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6026/IDB-TN-593_es.pdf?sequence=1>, consultado el 6 de febrero 2023.

⁸ Secretaría del Medio Ambiente (Sema), "Plan estatal contra el cambio climático en Coahuila", 2013, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164919/2013_peacc_coah.pdf>, consultado el 11 de noviembre de 2022.

Existen diferentes proyecciones de temperaturas para el estado de Coahuila que se muestran en la Figura 2. El escenario inicial se presenta en la imagen superior izquierda (amarilla) y corresponde al 2010, año en que se realizaron las previsiones; para 2020 ya es posible observar un incremento de temperaturas en la zona noroeste y la zona de La Laguna; para 2040 ya se observa un incremento de temperaturas prácticamente para todo el estado, y en el 2080 este incremento de temperaturas es aún más elevado, ubicándose entre los rangos de valores más elevados de los escenarios, esto en prácticamente todo el estado.

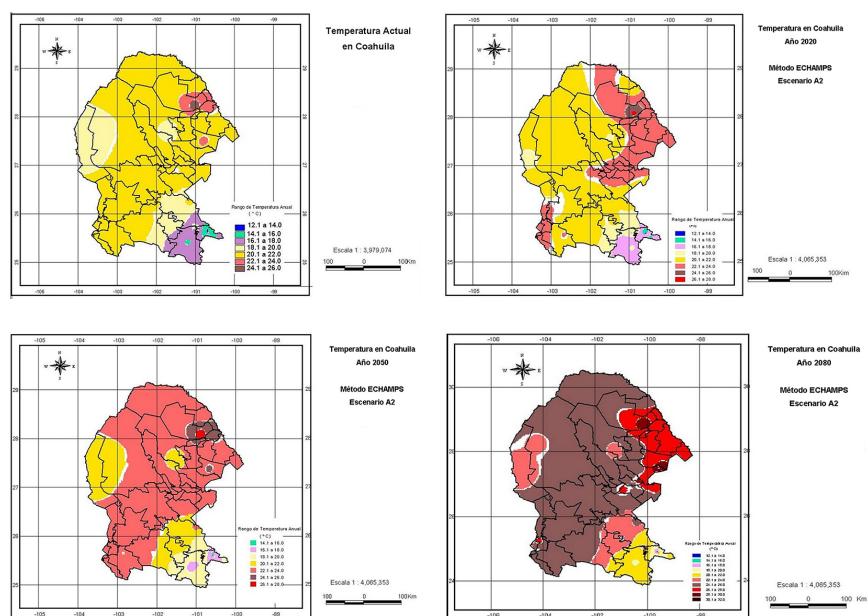


Figura 2. Previsión del incremento de temperaturas para 2010, 2020, 2050 y 2080.

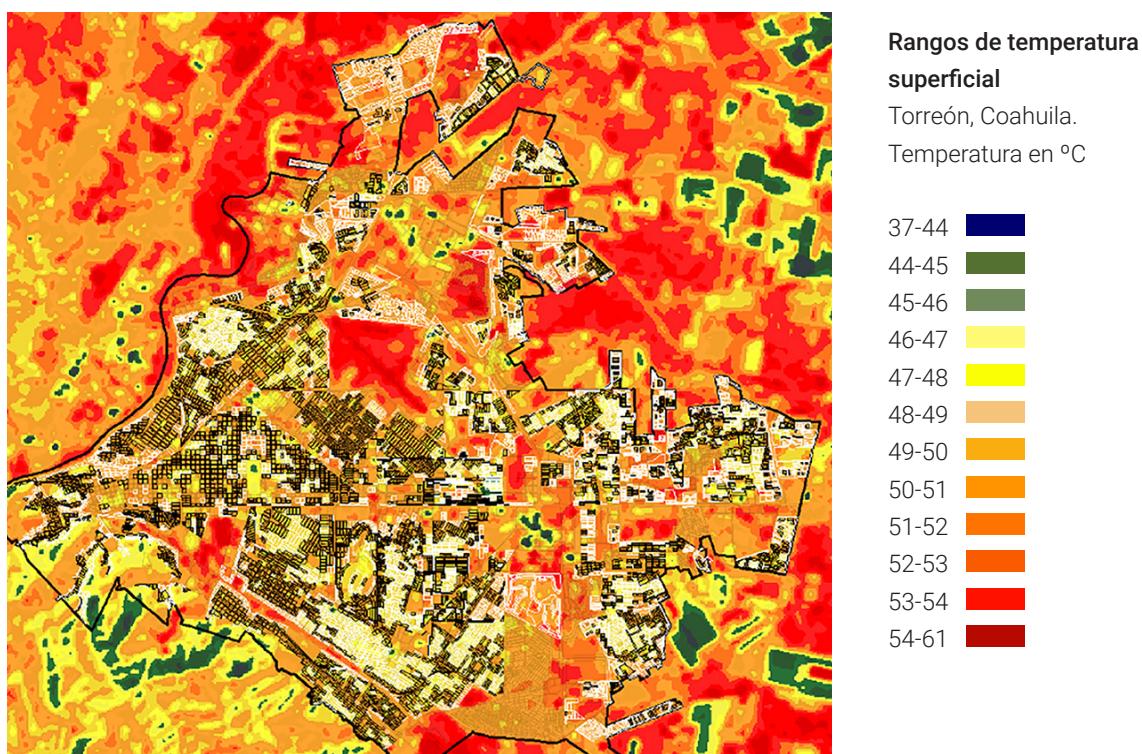
Fuente: Secretaría del Medio Ambiente, 2013.

Como parte de esta investigación, se realizó una comparación de los datos de las Normales Climatológicas de la ciudad de Torreón. Se tomaron los datos de Temperaturas Medias Máximas, Temperaturas Medias y Temperaturas Medias Mínimas de todos los meses del año. Las series de datos utilizadas fueron la de 1971-2000 y 1981-2010,⁹ si bien existe datos de ambas series que se empalman, en la comparación entre las dos series de datos se identificó un incremento de temperatura que, dependiendo del mes, varía entre 0.1 °C a 1.2 °C de diferencia. Este incremento se presenta en todas las medias de Temperatura registradas (máxima, media, mínima), siendo la Temperatura Media Mínima la que presenta las diferencias

⁹ Servicio Meteorológico Nacional, "Normales Climatológicas por Estado", series 1971-2000 y 1980-2010, Comisión Nacional del Agua (Conagua), <<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>>, consultado el 20 de octubre de 2022.

más significativas. De acuerdo con lo anterior se podría suponer que si se contara con los datos del periodo 2011 a 2023 podrían presentarse diferencias más significativas.

En la imagen térmica (Figura 3) puede observarse la ciudad de Torreón y el gradiente de temperatura para sus diferentes zonas. Si bien en la parte norte aparecen las zonas en color rojo más representativas, estas son de los espacios que rodean la ciudad, en la superficie edificada de la ciudad, la zona con mayor afectación es el sur de ésta, por lo que se determinó que todos los casos analizados serían de la zona sur de la ciudad.



Metodología

Periodo de mediciones y día representativo

Se utilizó el método basado en la climatología dinámica¹⁰ (se definió el periodo de mediciones para el levantamiento experimental de los casos de estudio). Ya definido este periodo, y de acuerdo con los

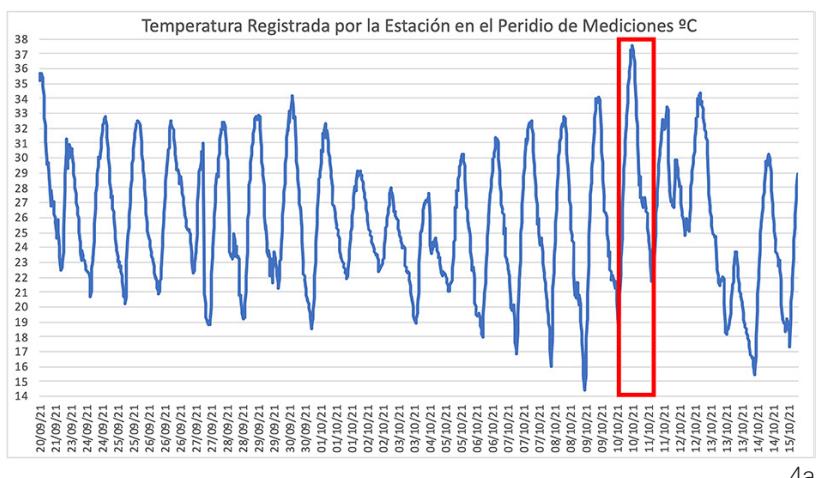
Figura 3. Imagen térmica de la ciudad de Torreón.

Fuente: elaborada por Jorge Villanueva con imagen térmica Landsat 8, 2019.

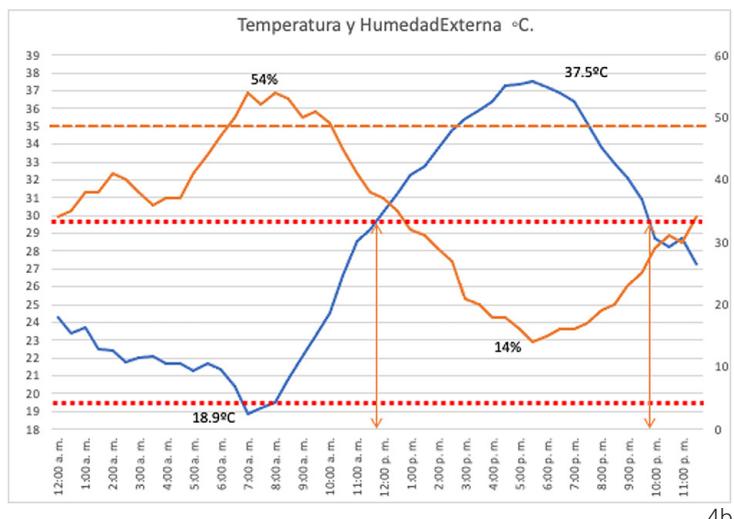
¹⁰ Francisco Vecchia, *Clima e ambiente construído. A abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano*, 1997, tesis de doctorado, Universidade de São Paulo, Brasil, <<http://pos.fflch.usp.br/node/43547>>, consultado el 17 de junio de 2022.

datos climáticos de la región registrados por la estación meteorológica, se identificó el día representativo para una situación de calor el cual fue utilizado para realizar las comparaciones de los datos medidos en las diferentes viviendas analizadas.

El periodo de mediciones se realizó entre los meses de septiembre a octubre y, como ya se mencionó, al ser meses de transición, en este periodo se presentaron días cálidos y días frescos. En la sección izquierda de la Figura 4a se observan las temperaturas registradas en los días que lo comprenden, en el recuadro de color rojo en la misma figura se marca el día más cálido registrado, y que es el que se tomó como referencia para realizar el análisis comparativo.



4a



4b

Día seleccionado

El día seleccionado para realizar el análisis comparativo fue el 10 de octubre del año 2021. En la Figura 4b se observa la temperatura y la humedad en el día seleccionado para el análisis. La humedad relati-

Figura 4a. Periodo de mediciones y día seleccionado, que para el estudio fue el más cálido.
 4b. Temperatura y humedad registrados el día seleccionado con una Temperatura máxima de 37.5 ° C.

Fuente: elaboración propia, 2022.

va máxima registrada fue de 52% y la mínima de 14%. La temperatura máxima registrada por la estación fue de 37.5 °C. y la mínima de 18.9 °C.

En este gráfico se marcan los parámetros de confort adaptativos determinados de acuerdo con los datos climáticos de la región en líneas punteadas en color rojo se indican el parámetro de confort mínimo de 19.6° C. y el parámetro máximo de 29.7° C. La temperatura estuvo fuera del rango de confort máximo desde las 11:30 am hasta las 9:30 am. En línea naranja se marca la temperatura media máxima de acuerdo con las normales climatológicas. La temperatura máxima para este día fue de 37.5° C. y la mínima de 18.9° C. La humedad relativa estuvo entre 14% y 54%.

Rangos de confort

Los rangos de confort se determinaron de acuerdo con el clima de la región, para lo que se utilizó el archivo climático correspondiente.¹¹ De acuerdo con este archivo y a las normas de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer (ASHRAE)¹² fueron definidos los rangos de confort térmico, para el tratamiento de datos climáticos se utilizó el software Climate Consultant desarrollado por la Universidad de California (UCLA, 2020),¹³ esto para definir los parámetros de comparación (temperatura-confort).

Levantamiento de datos experimentales

Se instaló una estación meteorológica marca Davis modelo Vantage Pro 2 Plus C5 (Figura 5 a) para monitorear las condiciones climáticas de la región; también se instalaron sensores marca Hobo modelo U12-12 C5 (Figura 5 b) en las fachadas de las viviendas para realizar las mediciones de las temperaturas de aire, humedad y luminosidad de los diferentes casos de estudio y conocer así su comportamiento. Esto para comparar estas mediciones con la información generada y representada en las isotermas e identificar sus diferencias y similitudes, ambos casos relacionándolos con los rangos de confort definidos previamente.

¹¹ EnSimS EPW, *Map Tool*, <<https://app.ensims.com/epw/>>, consultado el 14 de diciembre de 2022.

¹² ASHRAE, *ASHRAE Standard. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, 2011, <<http://arco-hvac.ir/wp-content/uploads/2015/11/ASHRAE-55-2010.pdf>>, consultado el 4 de abril de 2023.

¹³ Society of Building Science Educators. "Climate Consultant", 2021, <<https://www.sbsc.org/resources/climate-consultant>>, consultado el 29 de noviembre de 2022.

Para el registro las temperaturas superficiales se utilizaron las cámaras termográficas Flir modelo C5 (Figura 5 c), identificando así las superficies con mayores y menores temperaturas. Esta información también se comparó con la representada en las isotermas y con los rangos de confort. De esta forma se identificaron la exposición de las viviendas estudiadas a las temperaturas del aire y superficiales.



5a



5b



5c

Resultados

Periodo de mediciones

Para el levantamiento de datos *in situ* en el horario más cálido se mantuvo un registro constante de las previsiones climáticas con el fin de identificar el día más cálido, y de acuerdo con estas previsiones, una vez definido este día utilizando la estación meteorológica, los sensores Hobo y las cámaras termográficas en cada una de las viviendas analizadas en el horario más cálido de acuerdo con las previsiones meteorológicas previstas para el día en que se realizó el levantamiento de datos de los casos analizados.

Casos Analizados

El criterio de selección de las viviendas para el estudio fue que se localizaran en el sur de la ciudad, pues se identifica como la zona con más afectaciones en las temperaturas superficiales de acuerdo con la imagen térmica de la ciudad mostrada previamente. Son viviendas con diferentes características, en este caso lo importante era analizar las temperaturas en las fachadas y el entorno inmediato de las mismas.

Los casos analizados se muestran en la Figura 6. El caso 1 es de un nivel y tiene fachada Norte, el caso 2 también es de un nivel

Figura 5 a, b y c. Equipo utilizado para el levantamiento de datos, la estación meteorológica marca Davis (a), sensores Hobo U-12 (b) y cámaras termográficas Flir (c).
Fuente: elaboración propia (2022).

y tiene fachada Oriente, el caso 3 es de dos niveles y tiene fachada Norte, el caso 4 es de un nivel y tiene fachada Norte, el caso 5 es de dos niveles y tiene fachada Oriente y el caso 6 es de dos niveles y tiene fachada Sur.



6a



6b



6c



6d



6e



6f

Rangos de confort definidos

En los rangos de confort del modelo adaptativo de la ASHRAE 55-2010 se especifica que este modelo aplica a espacios en donde el usuario puede adaptar su vestimenta a las condiciones térmicas internas/externas. Los valores calculados por el software tienen como valor máximo de confort los 29.7 °C. y como valor mínimo 19.6 °C.

Temperaturas del aire. Sensores en fachadas

De las temperaturas del aire registradas en los diferentes casos de estudio, el caso 5 de la Figura 6, en su fachada norte fue de 39.3 °C; este caso presentó la temperatura más elevada; la fachada sur del caso 3 fue el que tuvo el menor valor de temperaturas con 30.8 °C. La diferencia entre el mayor valor registrado fue de 8.5 °C. Los demás casos estuvieron entre los 34.4 °C y los 36.2 °C. Por lo descrito previamente y relacionado a las temperaturas del aire presentadas y graficadas en la figura 7, comparativamente, la vivienda más susceptible a los efectos por altas temperaturas del aire es el caso 5, que presentó el registro más elevado de los casos analizados, además superó la temperatura del aire que fue de 37.5 °C. Todos los casos superaron la temperatura máxima de confort. El caso 3, a pesar de ser fachada con orientación sur, fue el caso que tuvo

Figura 6 a-f. Fachadas de las viviendas estudiadas.

Fuente: elaboración propia, 2022.

el menor valor de temperatura, esto debido a la forma, la cual, de acuerdo con la trayectoria solar, la forma va generando sombreado en algunas secciones de la fachada, también los árboles sombrean la fachada, haciendo que, en su conjunto, el valor de temperatura en este caso sea menor.

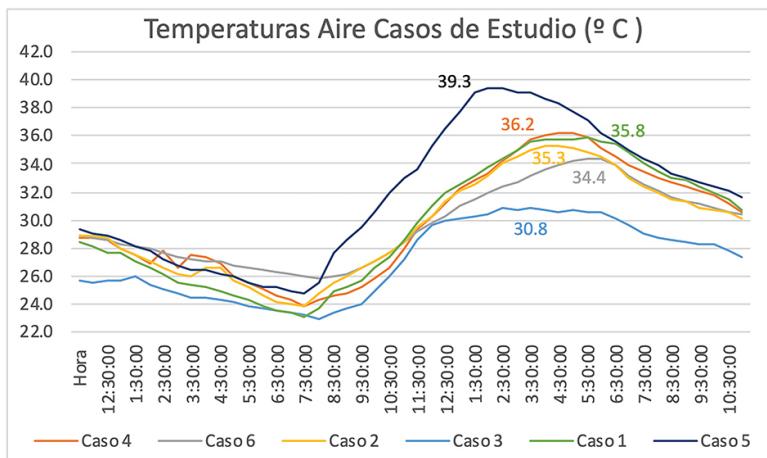


Figura 7. Temperaturas registradas en todos los casos de estudio en el día seleccionado.
Fuente: elaboración propia, 2022.

Comparando los datos registrados por los sensores Hobos instalados en las fachadas de las viviendas con relación a los levantados frente a la vivienda el día más cálido, se puede observar que en todos los casos los datos levantados frente a la vivienda presentaron mayores valores de temperatura. Esto lleva a suponer, como ya fue descrito en cada uno de los casos, que los árboles, elementos de sombra y distancia de la fachada la calle, funcionan como elementos de mitigación que disminuyen las temperaturas del aire.

Temperaturas superficiales en fachadas

La temperatura superficial más elevada fue la del caso 5 con 40.4 °C y la más baja fue la del caso 3 con 30.7 °C. Los demás casos estuvieron entre los 35 °C y los 37.3 °C. El caso 5 también tiene vegetación y una volumetría que sombra la fachada, además de estar orientada al Norte. El caso 6, a pesar de ser fachada Sur, no presentó la temperatura más elevada por la vegetación frente a la vivienda. En el caso de las temperaturas superficiales en la mayor parte de los casos están muy cercanas a la temperatura del aire registrada el día de las mediciones, que fue de 37.5 °C. Todo lo anterior puede observarse en la Figura 8.

En el caso de las temperaturas superficiales frente a los casos de estudio, los valores fueron los siguientes: el caso 5 registró 54.3 °C, continuando en orden ascendente de la siguiente manera: caso

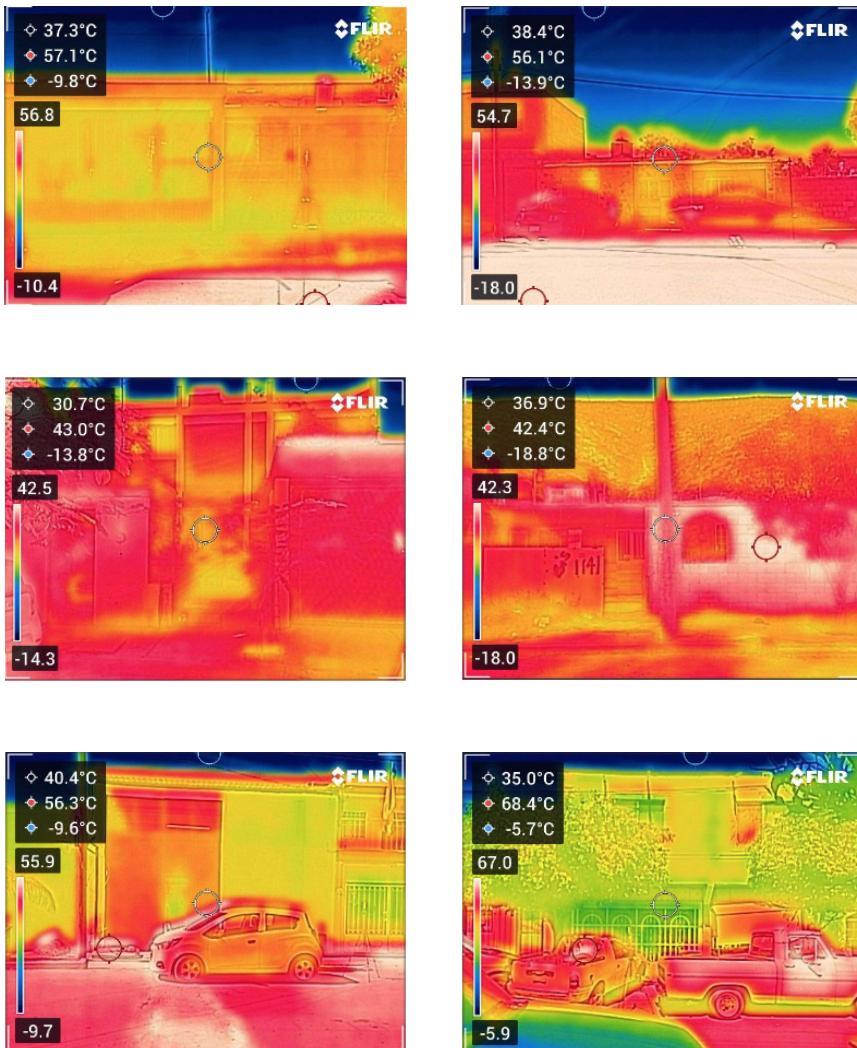


Figura 8. Imágenes termográficas de las fachadas de los casos de estudio.

Fuente: elaboración propia, 2022.

1 54.5 °C, caso 2 con 57.5 °C. caso 4 fue de 58.3 °C. Los casos 3 y 6 registraron valores de superficies metálicas, por lo que no fueron tomados en cuenta (Figura 9). En las temperaturas superficiales del entorno inmediato a la fachada las temperaturas registradas son significativamente mayores a las de las fachadas. Si bien la temperatura del aire registrada en ese día fue de 37.5 °C, las temperaturas superficiales superan por mucho este valor; además, estas temperaturas tienen una afectación sobre las viviendas y sus usuarios por la exposición a las mismas.

Si se comparan las temperaturas superficiales de las fotografías termográficas con los valores de las temperaturas de las imágenes térmicas de satélite, se puede percibir que hay coincidencias de valores entre éstas (todas las imágenes de las secciones frente a las viviendas quedaron en el rango más alto del gradiente, que es de entre 54 °C y 61 °C (Figura 10).

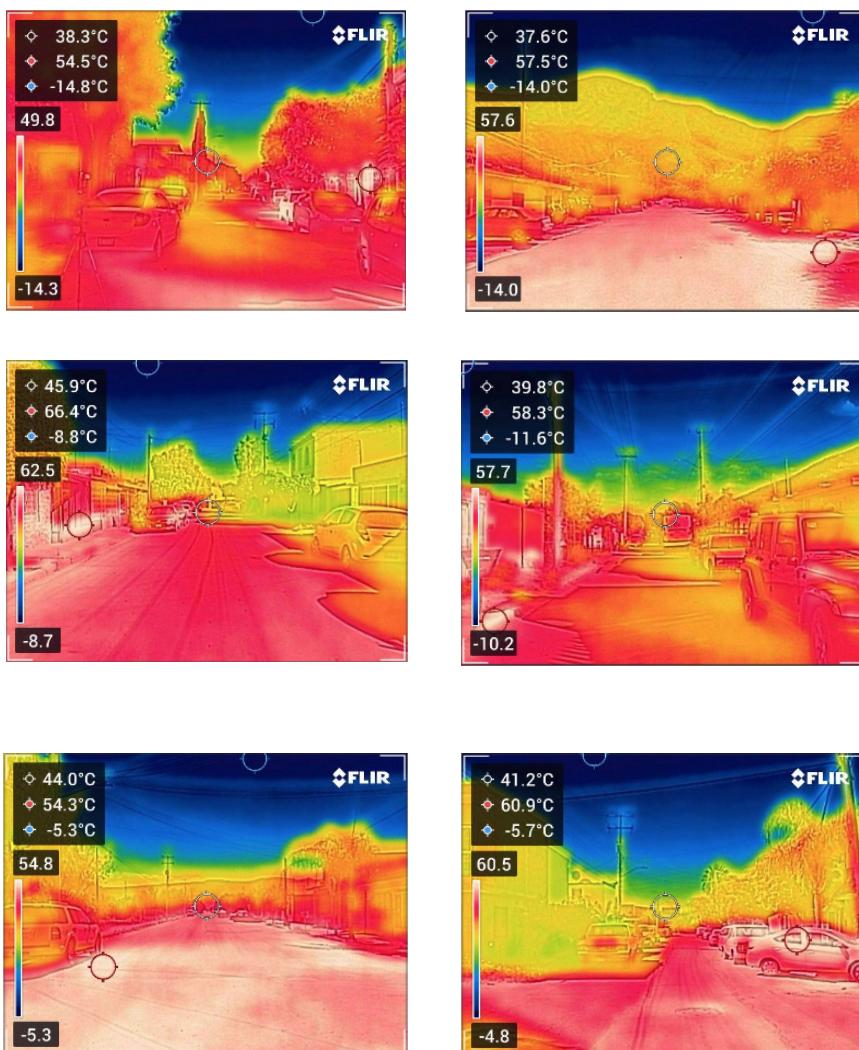
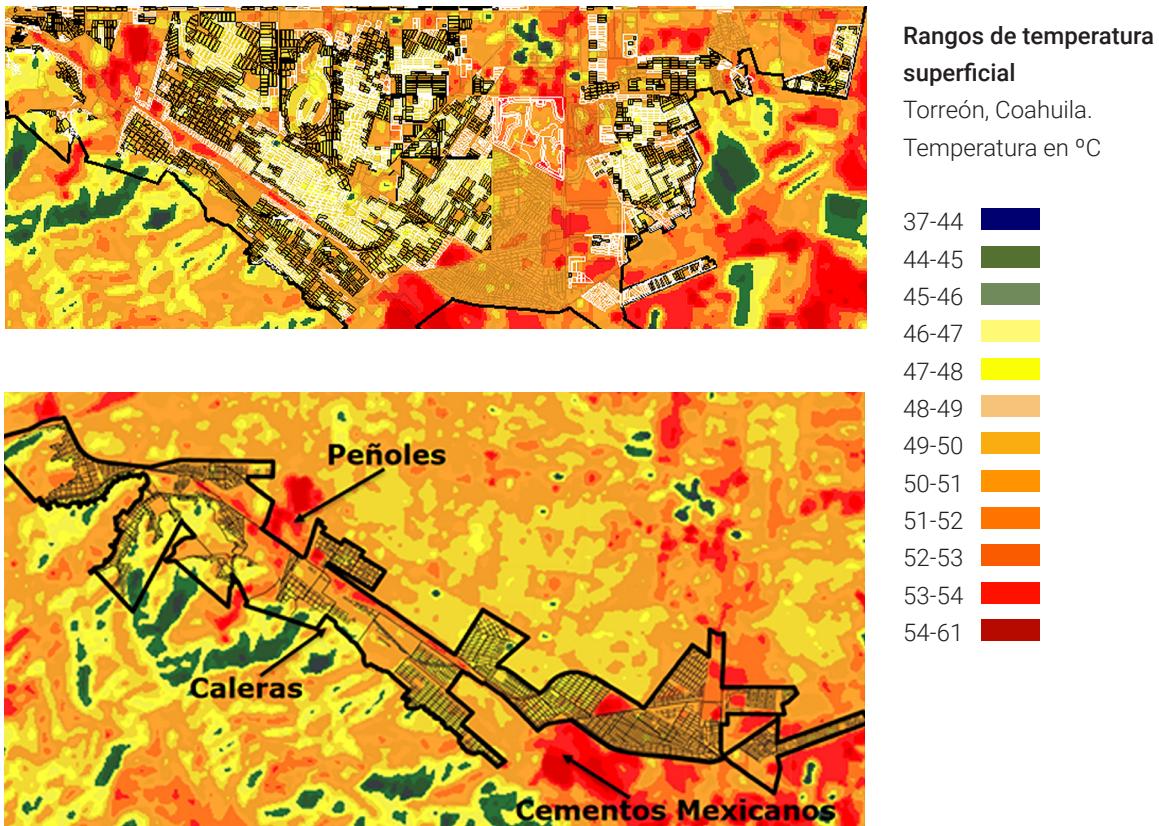


Figura 9. Imágenes termográficas de las vistas y elementos (entorno inmediato) que se encuentran frente a la fachada de los diferentes casos de estudio.
Fuente: elaboración propia, 2022.

En cuanto a las temperaturas del aire, todos los casos superaron las condiciones de confort determinadas, lo que era evidente por la temperatura del aire registrada ese día; sin embargo, a partir de los valores obtenidos puede determinarse que el clima de la región expresa gran vulnerabilidad y que, sumado al incremento de las temperaturas, este hecho será más evidente con el paso del tiempo, tomando en cuenta los escenarios de temperaturas para la región. Por lo que lo anterior muestra que además de ya existir un grado de vulnerabilidad alto por temperaturas elevadas, éste será mayor conforme se intensifiquen los efectos del cambio climático.

En los casos de las mediciones de temperatura del aire se identifica que hay elementos que mitigan la temperatura exterior del aire, registrando temperaturas menores a la registrada por la estación meteorológica. En este caso tiene que ver con la vegetación o sombreado que genera una ganancia menor.



En el apartado de las temperaturas superficiales hay un incremento significativo de éstas con relación a la temperatura del aire, lo que evidencia la exposición de las viviendas y sus usuarios a las posibles afectaciones de éstas. También se verificó que existe concordancia entre lo encontrado en la imagen térmica de la ciudad con las fotografías térmicas tomadas el día en que se realizó el levantamiento.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos de las mediciones y los parámetros de confort establecidos por norma, todos los casos analizados superaron los rangos de confort adaptativo, algunos en mayor medida que otros dependiendo también de la orientación de las fachadas, sin embargo, no fue el único factor determinante pues los elementos físicos de sombreado naturales o por diseño mitigaron hasta cierto punto la temperatura, esto muestra y evi-dencia la importancia de la vegetación y los aspectos formales que conforman a la vivienda y que generen sombreado evitando así una ganancia mayor de temperatura, lo anterior en relación con la temperatura del aire medida en los diferentes casos de estudio,

Figura 10. Imágenes térmicas de la zona sur de la ciudad y de los polígonos más vulnerables.
Fuente: elaborado por Jorge Villanueva, 2022.

sin embargo, en todos los casos, las temperaturas del aire superaron los rangos de confort adaptativo determinados, por cada uno de los casos, presenta mayor o menor nivel de vulnerabilidad por exposición a estas temperaturas.

En el rubro de las temperaturas superficiales de las fachadas, de igual forma influye la orientación, así como los elementos de sombreado que mitigan esta ganancia de temperatura superficial, sin embargo, a pesar de estas condiciones hubo casos en los que se registraron temperaturas de hasta 40.4 °C. Los valores registrados son menores a los encontrados en las imágenes térmicas con las que se identificaron las temperaturas superficiales de la ciudad como parte del fenómeno de isla de calor, el cual está relacionado al cambio climático.

En las condiciones de lo que está frente a la vivienda es donde se presentaron las mayores temperaturas, que coinciden completamente con los valores del gradiente de la imagen térmica de la ciudad con las temperaturas registradas en las fotos térmicas tomadas en los diferentes casos de estudio. Por lo que en el entorno inmediato de las viviendas el rango de las temperaturas superficiales está entre 54 °C y 61 °C. La incidencia de la radiación y las temperaturas superficiales registradas en las fachadas de los diferentes casos de estudio, si bien son más elevadas que las temperaturas del aire, no los son más que los valores registrados en el entorno inmediato de las viviendas como lo es lo que está frente a las mismas que son las que presentaron el rango de los 54 °C a los 61 °C; si bien hay valores de temperatura menores en las fachadas, los valores de temperatura registrados en su conjunto elevan el grado de vulnerabilidad a las personas por exposición a estas condiciones.

Otro elemento importante es que el factor de la orientación de la fachada condiciona la ganancia en términos de temperatura superficial, que también influyó en las temperaturas del aire, por lo que es necesario tomar en cuenta la orientación como una determinante en términos de vulnerabilidad. También se identifica la importancia de la vegetación y de elementos que protejan el entorno de la vivienda para que funcionen como elementos de mitigación. En este sentido vale la pena explorar y estudiar elementos para identificar opciones que ayuden a disminuir la situación de vulnerabilidad derivada del clima en la región, específicamente en el aspecto térmico.

Por lo anterior, es evidente que existen elementos que indican vulnerabilidad a las condiciones climáticas de la región y entre éstas, como ya fue mencionado, el entorno puede determinar el grado de estas condiciones, por lo que se espera que el grado de vulnerabilidad aumente de acuerdo con los escenarios planteados del cambio climático para la región, que hacen más susceptibles a los usuarios de las viviendas. Y se muestra que es necesario continuar

investigando al respecto para tomar en cuenta las posibles afectaciones y generar estrategias a nivel edificio, barrio y ciudad y, por qué no, también generar una política en este sentido con el objetivo de minimizar los impactos derivados del cambio climático y sus afectaciones.

Referencias

ASHRAE

- 2011 *ASHRAE Standard. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, 2011, <<http://arco-hvac.ir/wp-content/uploads/2015/11/ASHRAE-55-2010.pdf>>, consultado el 4 de abril de 2023.

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

- 2014 *Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad*, 2014, <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIAR5-IntegrationBrochure_es-1.pdf>, consultado el 12 de abril de 2023.
- 2019 *Informe especial sobre los impactos de un calentamiento global de 1.5 °C y las sendas de emisión relacionadas*, 2019, <<https://www.ipcc.ch/sr15/>>, consultado el 15 de marzo de 2023.
- 2023 "Reportes", <<https://www.ipcc.ch/reports/>>, consultado el 5 de febrero de 2023.

MARTIN, C., ET AL.

- 2013 *Mitigación y adaptación al cambio climático a través de la vivienda pública*, Banco Interamericano de Desarrollo, 2013, <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6026/IDB-TN-593_es.pdf?sequence=1>, consultado el 6 de febrero 2023.

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

- 2013 "Plan estatal contra el cambio climático en Coahuila", 2013, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164919/2013_peacc_coah.pdf>, consultado el 11 de noviembre de 2022.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

- s.f. "Normales Climatológicas por Estado", series 1971-2000 y 1980-2010, Comisión Nacional del Agua (Conagua), <<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>>, consultado el 20 de octubre de 2022.

SOCIETY OF BUILDING SCIENCE EDUCATORS

- 2021 "Climate Consultant", 2021, <<https://www.sbsc.org/resources/climate-consultant>>, consultado el 29 de noviembre de 2022.

UN-HABITAT

- 2017 *Sustainable Building for hot and arid areas: Marsabit County*, 2017, <<https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2018/09/Manual-on-Sustainable-Building-for-Hot-and-Arid-Areas.pdf>>, consultado el 20 de abril de 2023.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS

- 2019 "Climate Change Summit 2019", 2019, <<https://www.un.org/en/climatechange/2019-climate-action-summit>>, consultado el 8 de abril de 2023.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ R.

- 2013 *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*, 2013, Comisión Económica para América Latina (CEPAL), <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36622/S2013813_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, consultado el 25 de enero de 2023.

VECCHIA, F.

- 1997 *Clima e ambiente construído. A abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano*, 1997, tesis de doctorado, Universidade de São Paulo, Brasil, <<http://pos.fflch.usp.br/node/43547>>, consultado el 17 de junio de 2022.

Jaime Andrés Quiroa Herrera

Escuela de Arquitectura Unidad Torreón
Universidad Autónoma de Coahuila
jquiroa@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-1173-9639>

Doctor en Ciencias de Ingeniería Ambiental por la Universidad de São Paulo, Brasil, profesor investigador de la Escuela de Arquitectura Unidad Torreón de la Universidad Autónoma de Coahuila. Perfil Prodep, miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). La línea de generación y aplicación del conocimiento es en arquitectura, medio ambiente y sustentabilidad. Miembro del cuerpo académico "Territorio, asentamientos humanos y resiliencia". Ha desarrollado proyectos financiados por: Fondo destinado a promover la ciencia y tecnología del estado de Coahuila, Proyecto Semilla-2019 de la Universidad Autónoma de Coahuila, Programa para el desarrollo profesional docente para tipo superior (PRODEP) y participado en proyectos financiados por el Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC-UNAM).

Alleck Johnnathan González Calderón

Escuela de Arquitectura Unidad Torreón
Universidad Autónoma de Coahuila
alleck.gonzalez@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-6850-7594>

Es arquitecto, maestro y doctor en Ciencias y Artes para el Diseño, graduado con obtención de Medalla al Mérito Universitario, por la Universidad Autónoma Metropolitana, en Ciudad de México. Adscrito como Profesor Investigador de Tiempo Completo a la Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón, de la Universidad Autónoma de Coahuila. Integrante del cuerpo académico "Territorio, asentamientos humanos y resiliencia", donde desarrolla la línea de investigación de habitabilidad, construcción sostenible y producción social del hábitat, con enfoque en el análisis así como en el desarrollo de propuestas de diseño y tecnología para el mejoramiento de la vivienda y el hábitat rural y urbano.

Jorge Villanueva Solís

Escuela de Arquitectura Unidad Torreón
Universidad Autónoma de Coahuila
jorge.villanueva@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-9778-9225>

Es doctor en planeación y desarrollo sustentable por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Actualmente es profesor investigador (perfil PRODEP) adscrito a la Escuela de Arquitectura Unidad Torreón de la Universidad Autónoma de Coahuila. Su línea de investigación se desarrolla en los temas de territorio, procesos urbanos y resiliencia ante el cambio climático. Asimismo, tiene a su cargo la gestión del Laboratorio de Planeación y Observación del Territorio (LAPOT), espacio académico y de apoyo a la investigación orientado a la observación sistematizada de procesos urbano-ambientales.

Agradecimientos

Para el desarrollo de este trabajo se contó con equipo financiado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente, Tipo Superior (PRODEP). Así mismo, se agradece el apoyo brindado por el Laboratorio de Ambiente Construido y Resiliencia en Zonas Áridas, de la Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón, de la Universidad Autónoma de Coahuila.