



# Habitabilidad térmica en espacios educativos para infantes durante una ola de calor en un clima árido, Torreón, México

## Thermal habitability in educational spaces for infants during a heat wave in a arid climate, Torreon, Mexico

<sup>1</sup>González-Calderón, Alleck J.

<sup>2</sup>Quiroa-Herrera, Jaime Andrés

<sup>3</sup>Villanueva-Solís, Jorge

<sup>4</sup>Llaven-José, Héctor Daniel

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón, México

<sup>1</sup>[alleck.gonzalez@uadec.edu.mx](mailto:alleck.gonzalez@uadec.edu.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-6850-7594>

<sup>2</sup>[jquiroa@uadec.edu.mx](mailto:jquiroa@uadec.edu.mx) | <https://orcid.org/0000-0003-1173-9639>

<sup>3</sup>[jorge.villanueva@uadec.edu.mx](mailto:jorge.villanueva@uadec.edu.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-9778-9225>

<sup>4</sup>[hector.llaven@uadec.edu.mx](mailto:hector.llaven@uadec.edu.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-5237-1629>

Recibido el 02 de Mayo del 2024, aprobado el 24 de Junio del 2024



**RESUMEN** | En este trabajo se analiza la habitabilidad térmica, así como, los impactos en la salud y las formas de adaptación en un jardín de niños ubicado al oriente de la ciudad de Torreón, Coahuila, México, durante una ola de calor de siete días con temperaturas superiores a 40 °C en el verano de 2023, considerado históricamente como el año más cálido registrado en el mundo. Para su ejecución, se implementó un método mixto que incluye la recopilación y análisis de datos cuantitativos de registros de temperaturas y cualitativos de entrevistas que interpretan la experiencia del sujeto. Los resultados indican que las temperaturas máximas al interior de las aulas exceden los rangos de confort térmico saludables, ya que fueron superiores a 35 °C. Por su parte los niños manifestaron algunas dificultades físicas y psicológicas motivadas por el intenso calor al interior de las aulas. En tanto la edificación no está adaptada arquitectónicamente para aminorar los impactos generados por una ola de calor.

**PALABRAS CLAVE** | Adaptación, espacios-educativos-infantiles, habitabilidad-térmica, olas-de-calor, salubridad.

**ABSTRACT** | This work analyzes thermal habitability, as well as health impacts and forms of adaptation in a kindergarten located east of the city of Torreon, Coahuila, Mexico, during a seven day heat wave with temperatures above 40 °C in the summer of 2023, historically considered the warmest year on record in the world. For its execution, a mixed method was implemented that includes the collection and analysis of quantitative data from temperature records and qualitative data from interviews that interpret the subject's experience. The results indicate that the maximum temperatures inside the classrooms exceed the healthy thermal comfort ranges, since they were higher than 35 °C. For their part, the children expressed some physical and psychological difficulties caused by the intense heat inside the classrooms. Meanwhile, the building is not architecturally adapted to reduce the impacts generated by a heat wave.

**KEYWORDS** | Adaptation, children-educational-spaces, thermal-habitability, heat-waves, health.

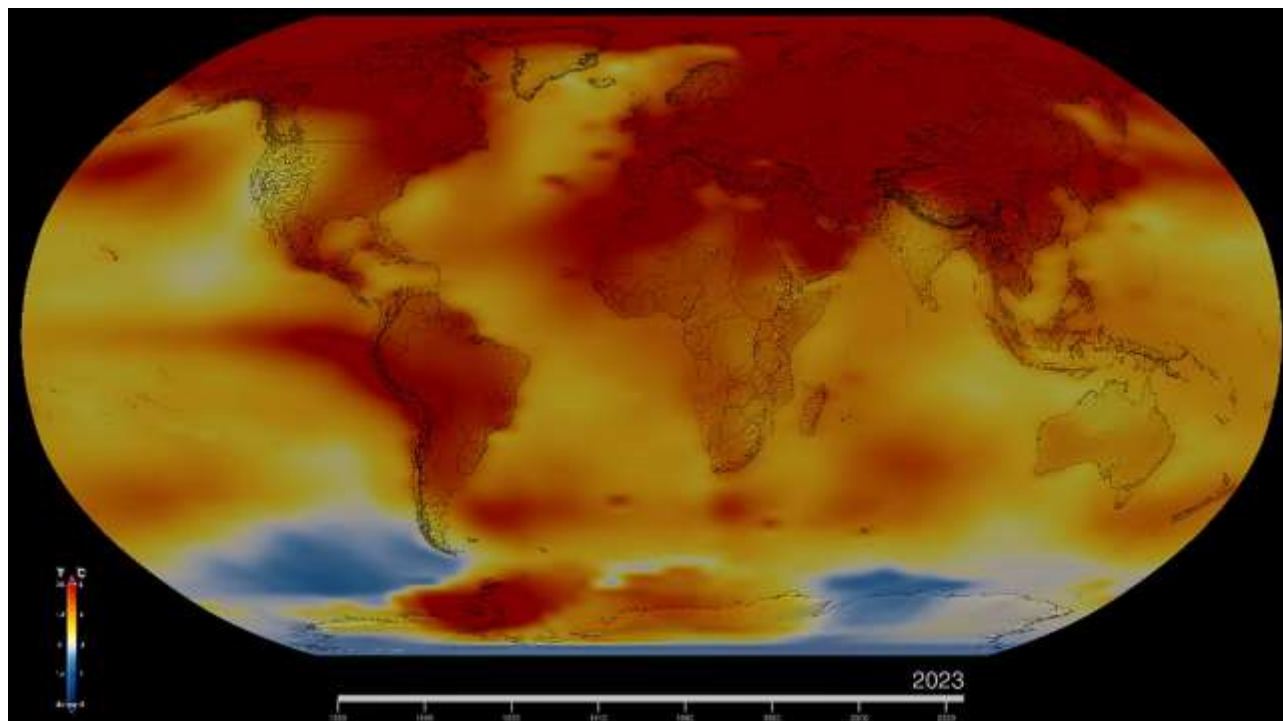
## Introducción

El consumo insostenible de energía, proveniente de fuentes fósiles, extendido durante casi dos siglos ha provocado un calentamiento global de 1.1 °C superando los niveles preindustriales. Como efecto, se han originado fenómenos meteorológicos extremos con mayor frecuencia e intensidad, con impactos cada vez más graves sobre la naturaleza y la humanidad. Uno de los fenómenos más letales son las olas de calor, puesto que en todo el mundo se están incrementando los casos de mortandad (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023).

En 2023, la temperatura global alcanzó niveles asombrosamente altos. El Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) informó que se superaron varios récords, como el mes más cálido del que se tenga registro, así como medias diarias de temperatura que rebasaron hasta por 2 °C los niveles preindustriales. Tales temperaturas registradas a partir de junio convirtieron a 2023 en el año más caluroso de los tiempos modernos (Copernicus, 2024). En la figura 1, se aprecia en rojo anomalías climáticas relacionadas con el incremento de la temperatura global.

### Figura 1

*Anomalías de la temperatura global en 2023.*



*Nota.* National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2024.

En Europa, durante los meses de julio y agosto de 2023 se presenciaron dos olas de calor. La de julio afectó naciones alrededor del Mediterráneo, con grandes incendios en Grecia y otros países, mientras que la de agosto afectó a España, Francia, Suiza. Durante la segunda ola de calor la ciudad de Lyon en Francia tuvo 17 días seguidos con temperaturas superiores a 30 °C, del 9 al 25 agosto, alcanzando un máximo de 41.4 °C el 24 de agosto. Mientras en Bilbao en España se



estableció un récord de 44.0°C de temperatura máxima el 23 de agosto (Magnusson & Di Napoli, 2023). En el continente americano, particularmente en Estados Unidos el verano de 2023 fue excepcionalmente caluroso por todo el sur del país. En Phoenix, Arizona, se tuvo el mes más caluroso registrado en julio, con una temperatura media mensual de 39.3 °C y un récord de 31 días consecutivos de 43.3 °C o más, del 30 de junio al 30 de julio (World Health Organization [WHO], 2023).

Por su parte, en México durante junio de 2023 se presentó la tercera ola de calor acompañada de temperaturas máximas por encima de 30 °C, que impactó en 32 estados del país. No obstante, en algunas regiones del norte, centro y sur del territorio nacional se alcanzaron 45 °C. De esta manera, en 2023 se presentó el junio más cálido, también clasificado como el mes más cálido dentro del registro histórico realizado desde 1953 (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2023). Como resultado de las altas temperaturas de 2023 se cuantificaron hasta 387 defunciones por calor en México. Del total, 165 casos, equivalente al 42.6 %, fueron atribuidos a la tercera ola de calor (Gobierno de México, 2023).

Desafortunadamente, la exposición de la población al calor está aumentando debido al cambio climático y se espera que la tendencia continúe para los próximos años. Entre 2000 y 2016, la cantidad de individuos expuestos a olas de calor se estimó en al menos 125 millones (WHO, 2018). De este modo, se pronostica que para 2050 la mayoría de los niños del mundo estarán expuestos de manera frecuente ante olas de calor. Sin embargo, los infantes y neonatos son más vulnerables que los adultos al calor extremo, debido a la limitada capacidad que tienen para regular su temperatura corporal se vuelven más susceptibles a presentar cuadros severos de deshidratación. Es muy probable que las altas temperaturas les provoque diversas patologías que van desde un golpe de calor hasta otras más comprometedoras como un fallo orgánico (United Nations Children's Fund [UNICEF], 2023).

En el caso de México, se estima que entre 2061 y 2090 habrá incrementos de temperaturas en estados como Coahuila, donde se proyectan aumentos de hasta 4 °C durante el verano (Martínez y Patiño, 2012). Debido a que los climas áridos y semiáridos predominan en el territorio de México, caracterizados por presencia de altas temperaturas durante el verano que afectan de manera grave a la población de adultos y niños, es de vital importancia el asegurar que los espacios de uso cotidiano cuenten con un confort térmico adecuado y promuevan la salubridad de sus ocupantes.

Uno de los espacios donde se atiende la formación de infantes en México se conoce como “jardín de niños”. En estos equipamientos de educación preescolar se reciben niños de 3 a 5 años y ofrecen servicios con distintos horarios: matutino de 9:00 a 12:00, vespertino de 14:30 a 17:30, de tiempo completo sin alimentación de 9:00 a 14:00, de tiempo completo con alimentación de 9:00 a 16:00 (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2015). Debido a que los jardines de niños son lugares donde los infantes pueden permanecer en un rango de 3 a 7 horas por día, y hasta 35 horas por semana, se considera relevante evaluar y garantizar las condiciones térmicas en que desempeñan sus actividades formativas. Por ello, el objetivo de este trabajo consiste en analizar las condiciones de habitabilidad térmica, así como, los impactos en la salud y las formas de adaptación en espacios educativos para infantes en un contexto climático semiárido con presencia de olas de calor con temperaturas superiores a 40 °C, en la ciudad de Torreón, Coahuila, México.

## Desarrollo



## Habitabilidad Térmica, Salubridad y Adaptación

### *Habitabilidad térmica*

La experiencia de habitar es la forma en que el sujeto interactúa con el mundo, es un acto donde el habitante se sitúa en el espacio y adquiere conciencia de este. En consecuencia, el espacio se convierte en una extensión de su ser, desde una perspectiva física y psicológica (Pallasmaa, 2016). De esta manera el individuo se apropia del espacio para hacerlo habitable, es decir, le otorga condiciones de habitabilidad.

La habitabilidad se entiende como el resultado de un proceso autorregulado entre un modo de vida y las condicionantes del medio natural mediante acciones de adaptación individuales y colectivas (Gómez y Gómez, 2015). En el contexto de la vivienda, la habitabilidad se entiende como el ambiente óptimo que promueve el desarrollo integral de sus ocupantes, al satisfacer sus necesidades habitacionales de tipo físico-espacial, sociocultural y socioeconómica (Mena, 2011).

Por su parte, la habitabilidad térmica se concibe como un periodo, medido en horas, en que la vivienda experimenta situaciones de confort térmico durante el día y la noche, especialmente durante el invierno y el verano cuando las temperaturas son en extremo frías o cálidas (Sarmiento y Hormazábal, 2003). En este sentido, las condiciones de habitabilidad térmica, en climas áridos y semiáridos, se presentan cuando los espacios habitables mantienen temperaturas confortables por un tiempo considerable, de horas por día, lo cual permite desempeñar las actividades cotidianas de los habitantes, al mismo tiempo que se previenen situaciones de estrés térmico y patologías generadas por permanecer de manera prolongada en espacios con altas temperaturas (González et al., 2023).

Al respecto del confort térmico, se estima que el rango de bienestar ronda sobre 28 °C como máximo para verano, si la humedad relativa no excede del 40% (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 1993). Cuando la temperatura se encuentra entre 21 °C y 26 °C se consideran dentro del rango de confort óptimo (Fuentes, 2002). Mientras que temperaturas entre 18 °C y 30 °C se podrían considerar dentro de un rango de confort aceptable (Auliciems & Szokolay, 2007; Rahman & Kojima, 2018).

Dado que la vertiente de confort adaptativo incorpora aspectos subjetivos que dependen de aspectos socioculturales, no se puede establecer un rango universal de confort térmico. Al respecto, en algunos estudios realizados en países subtropicales se indica que el rango de confort térmico interior oscila entre 15.0 y 32.5 °C, en países tropicales fluctúa entre 22.0 y 33.8 °C (Arsad et al., 2023).

En el caso de Torreón, Coahuila, ubicado en la región noreste de México, caracterizado por un clima semiárido, se establece como rango de confort térmico las temperaturas entre 19.6 °C y 29.7 °C. Teniendo como base el modelo de confort adaptativo de ASHRAE 55-2010 (Quiroa, 2022, como se citó en González et al., 2023). Esto sugiere que las temperaturas en espacios interiores por encima de 30 °C estarían fuera de rangos de confort térmico, generando situaciones de disconfort, estrés térmico, entre otros impactos en la salud.

### *Salubridad*

En cuanto a los impactos en la salud generados por exposición al calor se puede presentar enrojecimiento de la piel, pápulas, calambres musculares y edema, entre otros. Tras una exposición prolongada al calor el mecanismo de transpiración deja de funcionar y puede generar un golpe de calor. La deshidratación moderada puede alterar el funcionamiento del cerebro y causar confusión



o desmayos. Pero una deshidratación más severa puede reducir el volumen plasmático y generar coágulos, afectando diferentes órganos del cuerpo y aumentando el riesgo de accidentes cerebrovasculares. En casos más graves la temperatura corporal puede aumentar al grado de afectar el sistema nervioso central, el sistema circulatorio y los riñones, y conducir a una insuficiencia multiorgánica (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2021). El calor intenso también puede generar patologías en la piel, diabetes, insomnio, cataratas, estrés térmico, agotamiento, así como, enfermedades renales, respiratorias, cardiovasculares y neurológicas (Rocque et al., 2021).

Las olas de calor pueden incrementar los casos de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como el riesgo de padecer Fracaso Renal Agudo (FRA). La población expuesta de manera recurrente a temperaturas elevadas desarrolla cuadros de deshidratación repetitivos que crean una nueva entidad en el contexto de las enfermedades renales crónicas cuyo mecanismo fisiopatológico apenas tiene explicación. La incidencia del FRA aumenta durante los periodos de calor intenso y afecta en mayor medida a la población deprimida que no siempre cuenta con acceso a servicios de salud (De Lorenzo y Liaño, 2017).

Otro aspecto para tomar en consideración se relaciona con la prolongada duración de temperaturas elevadas, debido a que un golpe de calor se presenta de manera frecuente al inicio de una ola de calor, entre las primeras 24 – 48 horas, en especial cuando las temperaturas exceden los 30 °C y la humedad supera el 60% (Morales et al., 2005). Por tal motivo, es importante considerar algunas estrategias de adaptación que puedan ayudar a mitigar los impactos en la salud generados por las olas de calor.

Pero los infantes son la población más vulnerable ante los efectos de una ola de calor, debido a que los bebés y los niños de edad inicial no han desarrollado del todo la capacidad de regular su temperatura corporal en comparación con los adultos, de modo que la exposición al calor intenso representa más riesgo para ellos. Además, las altas temperaturas se relacionan con la aparición de trastornos mentales entre los niños, niñas y adolescentes, tales como el estrés postraumático y la depresión, entre otros (UNICEF, 2022).

### *Adaptación*

Por otra parte, las formas de adaptación ante situaciones de calor pueden ser fisiológicas, conductuales o psicológicas. Un ejemplo de adaptación fisiológica se presenta cuando el organismo activa el mecanismo de termorregulación, manejado por el hipotálamo, para controlar el incremento o disminución de la temperatura corporal, manteniendo un valor promedio de 37 °C (Picón et al., 2020).

En tanto, la adaptación conductual comprende una interminable lista de estrategias a considerar. Una de ellas es la vestimenta que cumple una función social y térmica. Mediante el uso de ropa adecuada, las sociedades han logrado adaptarse de manera confortable a temperaturas entre 15 °C y 35 °C. En un mundo donde la energía debe usarse con moderación es imprescindible el uso racional de la ropa con cualidades térmicas. Muchas civilizaciones antiguas así lo hicieron, y las nuevas generaciones también podrían revalorar este tipo de estrategias (Humphreys & Nicol, 2018).

Sobre la adaptación psicológica, es necesario considerar los extremos en que las personas pueden soportar altas o bajas temperaturas, a fin de obtener satisfacciones térmicas (Gómez et al., 2014). No obstante, esta forma de adaptación resulta bastante subjetiva y se relaciona más con la





tolerancia ante ambientes con temperaturas extremas que podrían no ser objetivamente confortables y saludables.

Desde un punto de vista arquitectónico, se identifican múltiples formas de adaptación tecnológicas contemporáneas y tradicionales, aplicadas a edificios, que pueden aminorar los estragos generados por olas de calor. Algunas estrategias contemporáneas para edificaciones expuestas ante olas de calor sugieren orientar las fachadas principales alejadas de la luz solar directa para minimizar las ganancias solares; colocación de aislamiento térmico en muros y techos; sombreado exterior para ventanas; uso de materiales de colores claros y reflectantes; instalación de techos y fachadas verdes; implementación de vegetación alta en los lados del edificio expuestos al sol para proporcionar sombra, así como instalación de sistemas de enfriamiento, entre otras (European Commission, 2023).

Desde un enfoque tradicional, es bastante destacable emplear sistemas constructivos de tierra en climas áridos y semiáridos. Las edificaciones integradas por muros de adobe y cubiertas entramadas con tierra han demostrado una excelente adaptación ante climas cálidos, debido a que su temperatura interior puede verse reducida hasta por 5 °C en comparación con los sistemas constructivos que emplean muros y cubiertas de concreto (Quiroa et al., 2020).

Lamentablemente, las olas de calor son un fenómeno que será cada vez más recurrente y de mayor intensidad en los próximos años. Por tal motivo, es apremiante documentar y clasificar los distintos tipos de impactos generados en la salubridad de la población que habita en contextos climáticos con presencia de olas de calor. Así como, innovar sobre distintas formas de adaptación, de tal manera que las edificaciones ofrezcan condiciones de habitabilidad térmica, y con ello reducir los impactos negativos que generan las olas de calor.

## Metodología

Para el desarrollo de este trabajo, se retomó el método mixto empleado por González et al (2023), con el que se analiza de manera simultánea la habitabilidad térmica, desde una perspectiva cuantitativa, así como, los impactos en la salud y las formas de adaptación en la vivienda, desde una visión cualitativa, durante una ola de calor en un clima árido. Para este caso, se analizan las mismas variables, pero en un espacio educativo para infantes denominado como jardín de niños.

## Justificación y caracterización del espacio educativo

La elección de este tipo de edificaciones se justifica en que los infantes son uno de los grupos etarios que experimentan mayor vulnerabilidad ante situaciones de calor extremo y prolongado (UNICEF, 2022). Si bien, la vivienda puede ser el espacio donde los niños pasan la mayor parte del tiempo, en los espacios educativos preescolares suelen permanecer de 3 a 7 horas dependiendo de la modalidad.

Para el estudio se seleccionó un jardín de niños público en Torreón, Coahuila, ubicado al oriente de la ciudad, en un sector caracterizado por elevadas temperaturas superficiales de hasta 54 °C (Villanueva, 2020). El equipamiento educativo está situado en una zona ejidal, caracterizada por ciertos indicadores de marginación urbana (Consejo Nacional de Población [CONAPO], 2020). En la Figura 2, se aprecia la ubicación del jardín de niños en el extremo oriente de la urbe,



así como, las aulas analizadas (A1, A2 y A3), y una vista aérea del entorno urbano en un clima semiárido.

## Figura 2

*Ubicación del jardín de niños en Torreón, Coahuila.*



*Nota.* De los autores, con base en Google Maps.

El lote en el que se emplaza el jardín de niños es de 1,600 m<sup>2</sup>, la superficie edificada es de 324 m<sup>2</sup> (20.2%), un área exterior techada de 180 m<sup>2</sup> (11.2%), un patio general de 1096 m<sup>2</sup> (68.6%). El programa arquitectónico consta de cuatro aulas, una reservada para uso administrativo, baños y servicios, mientras las otras tres están destinadas para la educación de los niños: Aula 1 de 54 m<sup>2</sup>; Aula 2 de 108 m<sup>2</sup>; Aula 3 de 54m<sup>2</sup>. Cada una de las aulas tiene 3 m de altura.

El sistema constructivo de las aulas consta de materiales convencionalmente usados en la región. Todos se desplantan sobre una cimentación de zapatas corridas de concreto armado; los pisos están constituidos por una placa de concreto armado de 5 cm de espesor; los muros son de ladrillo rojo de 15 cm de ancho, con acabado aparente por ambas caras; las cubiertas son de concreto armado de 12 cm de grosor, con revoque interior de cemento-arena con espesor de 5 mm, y una membrana impermeabilizante de 3 mm hacia la cara exterior. En la Figura 3, se visualizan las características espaciales, formales y constructivas de los salones analizados.

## Figura 3



*Vistas exteriores e interiores de los tres salones analizados térmicamente en el jardín de niños.*



## Método cuantitativo

### *Análisis térmico*

Para el análisis climático y térmico se retoma el método empleado por González et al (2023)<sup>1</sup>, el cual se divide en tres etapas:

- Selección y caracterización térmica del periodo experimental.
- Selección y caracterización térmica de una ola de calor, con base en datos climáticos locales.
- Desempeño térmico de la edificación durante el día más cálido de una ola de calor.

En la primera etapa, se efectuó un registro de temperaturas externas por un lapso de treinta días, durante el mes de junio, justo cuando se presentan las temperaturas más elevadas en Torreón, Coahuila. Las mediciones se hicieron con una estación Davis Instruments, Vantage Pro-2 Plus, con intervalos a cada 30 minutos, instalada en la Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón, de la Universidad Autónoma de Coahuila. De esta manera, se estableció un periodo experimental del 7 de junio al 7 de julio de 2023.

En la segunda etapa, con base en el periodo de análisis, se seleccionó y caracterizó una ola de calor. Si bien, durante el periodo experimental se pudo identificar más de una ola de calor, se eligió la más prolongada con una duración de siete días continuos con temperaturas > 40 °C, que tuvo presencia del 15 al 21 de junio de 2023. En tanto la caracterización, incluye datos sobre temperaturas máximas, promedio y mínimas, entre otros expuestos en los resultados.

En la tercera etapa, se analizó el desempeño térmico de las tres aulas del jardín de niños durante el día más cálido de la ola de calor, que aconteció el 19 de junio de 2023, alcanzando una

<sup>1</sup> El método para el análisis térmico se adaptó con base en la propuesta metodológica de Quiroa et al (2020).





temperatura máxima de 41.1 °C. Las mediciones se hicieron con registradores ONSET, HOBO U12-13, con intervalos de 30 minutos, instalados en el muro norte de cada aula con la finalidad de reducir la incidencia de la radiación solar. Aunque el registro de temperaturas se realizó en coincidencia con el periodo experimental, solo se analizaron los datos correspondientes con el día más cálido de la ola de calor. De esta forma, se obtuvieron datos sobre temperaturas máximas, mínimas y promedio, así como, el tiempo de confort y desconfort al interior de las aulas, durante el turno matutino.

## Método cualitativo

### *Impactos en la salud y formas de adaptación*

Para el análisis subjetivo se usó como referente el método empleado por González et al (2023). El trabajo se desarrolló bajo la técnica de grupos focales, con base en una entrevista grupal diseñada en torno a las categorías de impactos a la salud y formas de adaptación desempeñadas por los infantes en el jardín de niños. El grupo se conformó por tres educadoras, responsables de cada uno de los grupos del jardín de niños, por ser quienes pasan la mayor parte del tiempo con los infantes y tienen la capacidad de interpretar sus acciones, estados de ánimo y de salud.

El encuentro tuvo lugar en uno de los salones al término de la jornada laboral, en días posteriores a la ola de calor. De este modo, se consiguió información acerca de 45 niños que experimentaron variados impactos físicos y psicológicos, al mismo tiempo que desempeñaron distintas estrategias de adaptación durante una ola de calor. El registro de la entrevista grupal se realizó con una grabadora SONY, ICD-UX560F, para su posterior transcripción y análisis de contenido. Algunas de las preguntas planteadas fueron las siguientes:

- ¿Qué problemas emocionales presentan los niños al interior del salón durante los días muy cálidos?
- ¿Qué dificultades físicas experimentan los niños al estar dentro del salón durante los días de más calor?
- ¿Qué hacen los niños para adaptarse ante las altas temperaturas dentro del salón durante los días muy cálidos?
- ¿Qué adaptaciones constructivas se han realizado para mejorar la temperatura interior de los salones durante la temporada de calor?
- ¿Qué tecnologías o sistemas de enfriamiento usan para mejorar la temperatura de los salones durante la temporada de calor?

Finalmente, se estableció una relación entre el análisis térmico y la información obtenida de la entrevista grupal, con el propósito de explicar el objetivo planteado en este estudio. Si bien, el trabajo se centra en el análisis del turno matutino, por ser el único turno ofertado, en la Tabla 1 se muestra de manera complementaria los datos térmicos en un supuesto horario vespertino, de 14:30 pm a 17:30, así como, los datos del comportamiento térmico de las aulas analizadas durante las 24 horas del día más cálido de la ola de calor. En tanto, el análisis subjetivo solo comprende el turno matutino por las razones anteriormente expuestas.

## Resultados



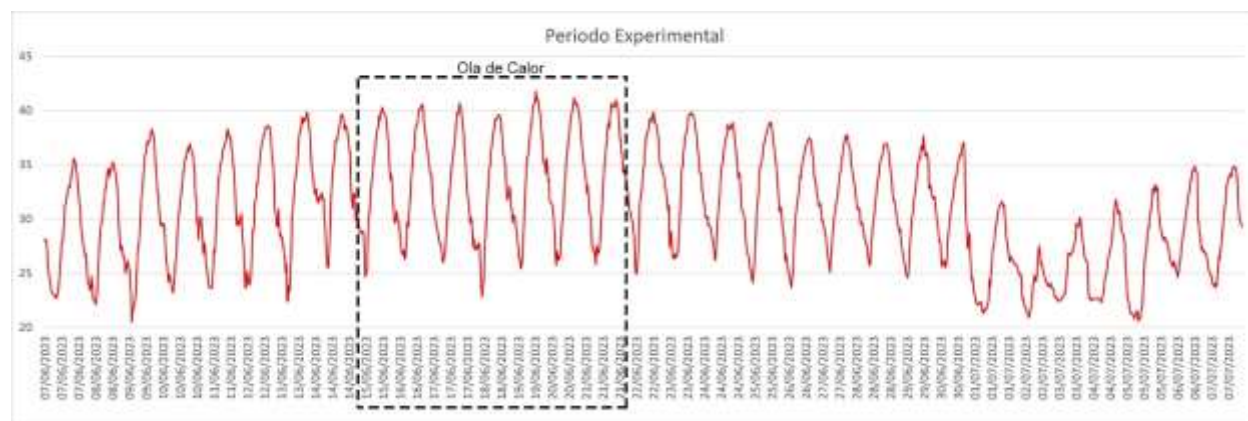
## Análisis cuantitativo

### Caracterización térmica del periodo experimental

En la Figura 4, se expone el registro de temperaturas externas respecto al periodo experimental de treinta días, del 7 de junio al 7 de julio de 2023. De los treinta días registrados, en veinticinco días se presentaron temperaturas máximas diarias > 35 °C, con una temperatura máxima promedio de 37.3 °C y una temperatura mínima promedio de 23.9 °C. Solo del 1 al 5 de julio hubo temperaturas ligeramente por debajo de treinta y cinco grados. Sin embargo, se presentaron siete días con temperaturas que sobrepasaron los 40 °C, que coinciden con la selección de la ola de calor analizada.

### Figura 4

Temperaturas registradas durante periodo experimental de treinta días.



### Caracterización térmica de una ola de calor

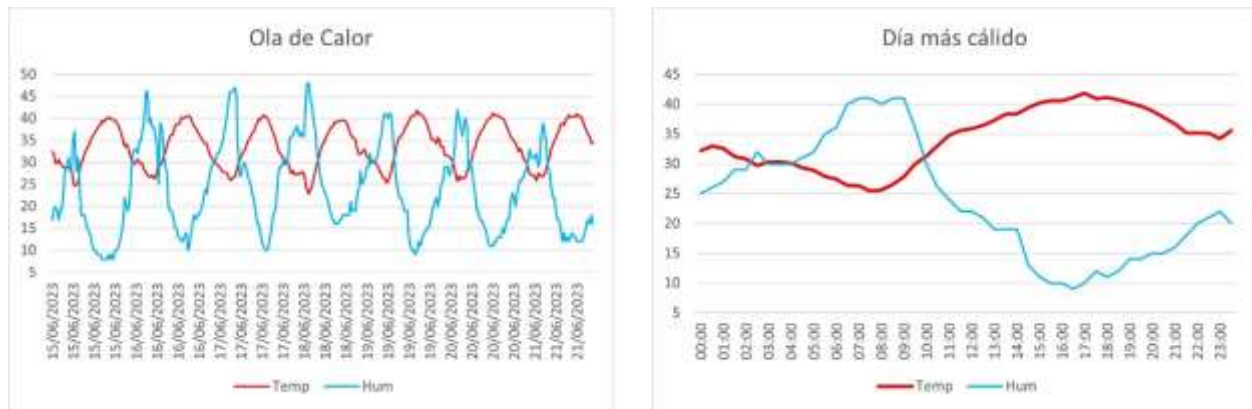
En la Figura 5 (izquierda) se observa una ola de calor de siete días continuos, del 15 al 21 de junio de 2023, con temperaturas máximas superiores a 40 °C: primer día 40.3 °C, segundo día 40.6 °C, tercer día 40.7 °C, cuarto día 39.6 °C, quinto día 41.8 °C, sexto día 41.2 °C, séptimo día 41 °C. Dichas temperaturas se presentaron generalmente entre las 5 pm y 7 pm. Al respecto de la cuantificación de horas por día con temperaturas superiores a 30 °C, se obtuvo lo siguiente: primer día 17.5 horas, segundo día 17 horas, tercer día 17 horas, cuarto día 14 horas, quinto día 19 horas, sexto día 18.5, séptimo día 17.5. Estas mediciones se registraron aproximadamente entre 10 am y 3 am del siguiente día. En siete días consecutivos se sumó un total de 120.5 horas con temperaturas > 30 °C, con un promedio de 17.2 horas por día.

En la Figura 5 (derecha) se parecía el día más cálido de la ola de calor, el 19 de junio de 2023, donde se alcanzó una temperatura máxima de 41.8 °C, y se cuantificaron hasta 19 horas de temperaturas > 30 °C, mientras la temperatura mínima fue de 25.4 °C. A pesar de que se realizaron registros de humedad relativa, los valores obtenidos no tienen mayor incidencia en la sensación térmica derivada de las altas temperaturas, debido a que durante las horas más cálidas del día el porcentaje de humedad no sobrepasa el rango de confort adaptativo.

### Figura 5



*Registros de temperatura y humedad durante una ola de calor de siete días.*



*Desempeño térmico de la edificación durante el día más cálido de una ola de calor*

En la Tabla 1 se expresa de manera sintética el desempeño térmico de las tres aulas del jardín de niños, durante el día más cálido de la ola de calor, el 19 de junio de 2023, con una temperatura máxima exterior de 41.8 °C.

**Tabla 1**

*Análisis térmico de las tres aulas durante el día más cálido de la ola de calor.*

<b>Día más cálido de la Ola de Calor: 19 de junio de 2023</b>				
	<b>Unidades</b>	<b>Aula 1</b>	<b>Aula 2</b>	<b>Aula 3</b>
<i>Datos de 24 horas</i>				
Temperatura máxima	°C	41.4	42.9	42.0
Temperatura mínima	°C	33.0	32.1	32.2
Temperatura promedio	°C	37.5	37.7	37.4
Confort térmico	Hrs	0.0	0.0	0.0
Disconfort térmico	Hrs	24.0	24.0	24.0
<i>Turno Matutino: 9:00 am – 12 pm</i>				
Temperatura máxima	°C	35.1	35.3	35.5
Temperatura mínima	°C	33.0	32.1	32.6
Temperatura promedio	°C	33.9	33.5	34.0
Confort térmico	Hrs	0.0	0.0	0.0
Disconfort térmico	Hrs	3.0	3.0	3.0
<i>Turno Vespertino: 14:30 – 17:30 pm</i>				
Temperatura máxima	°C	40.5	42.6	41.1
Temperatura mínima	°C	38.2	39.9	38.6
Temperatura promedio	°C	39.4	41.4	39.9
Confort térmico	Hrs	0.0	0.0	0.0
Disconfort térmico	Hrs	3.0	3.0	3.0



### Turno matutino: 9:00 am – 12:00 pm

*Temperatura máxima:* A las 11:30 am, el Aula 3 presentó la temperatura interior más elevada de las tres aulas con 35.5 °C, con una reducción de - 0.1 °C en comparación con la temperatura exterior de 35.6 °C. En el mismo horario, el Aula 1 registró la menor temperatura máxima de las tres aulas con 35.1 °C, con una diferencia de - 0.5 °C en contraste con la temperatura exterior.

*Temperatura mínima:* A las 9:00 am, el Aula 2 mostró la temperatura mínima más baja de las tres aulas con 32.1 °C, con un incremento de 4.3 °C en comparación con la temperatura exterior de 27.8 °C. A la misma hora, el Aula 1 presentó la mayor temperatura mínima de las tres aulas con 33 °C, con un incremento de 2.2 °C en contraste con la temperatura exterior.

*Temperatura promedio:* Dentro de las tres horas que comprende el horario matutino, de 9:00 am a 12:00 pm, el Aula 3 tuvo la temperatura promedio más elevada con 34 °C. Dentro del mismo horario, el Aula 2 presentó la menor temperatura promedio con 33.5 °C. Sin embargo, la diferencia es mínima y no representa un mejor comportamiento térmico ya que ambas aulas están muy por encima de los rangos aceptables de confort térmico.

*Confort térmico:* Ninguna de las aulas presentó condiciones de confort térmico, debido a que durante las tres horas que comprende el horario matutino los tres espacios presentaron temperaturas por encima de 30 °C.

*Disconfort térmico:* Todas las aulas presentaron disconfort térmico de las 9:00 a las 12:00. Es decir, durante todo el horario matutino.

Aunque el Aula 1 tuvo el mejor comportamiento térmico, los valores obtenidos no son para nada alentadores ya que la temperatura interna fue muy similar a las otras dos aulas, y en ningún momento se presentó un ambiente confortable. Lo cual quiere decir que las aulas no están adaptadas para amortiguar los efectos de una ola de calor. En parte, porque los componentes de la envolvente están constituidos por muros de ladrillo de barro rojo y una cubierta de concreto armado, sin ningún tipo de recubrimiento térmico. Cabe mencionar que, este tipo de materiales presentan altos coeficientes de conductividad térmica. Además, ninguna de las aulas cuenta con sistema de enfriamiento.

### Análisis cualitativo

#### *Impactos en la salud*

Aunque se sabe que la exposición a temperaturas elevadas puede originar afectaciones físicas y psicológicas (OPS, 2021); que generalmente aparecen en las primeras 24 / 48 horas de una ola de calor, cuando la temperatura es superior a 30 °C (Morales et al., 2005); el escenario más crítico de una ola de calor es cuando las temperaturas > 30 °C se mantienen constantes por 24 horas durante varios días consecutivos.

Con base en el análisis de desempeño térmico, resulta evidente que las aulas pueden presentar hasta 24 horas de temperaturas internas > 30° C. Por tal motivo, es importante informar sobre las distintas dificultades físicas, psicológicas y las patologías originadas por permanecer en espacios con elevadas temperaturas interiores. Así mismo, es indispensable conocer las múltiples formas de adaptación implementadas por los usuarios para reducir los efectos de una ola de calor. En la Tabla 2, se muestra de manera sintética las categorías y la información obtenida a partir de la entrevista grupal aplicada a las educadoras del jardín de niños.





**Tabla 2**

Síntesis de categorías del análisis subjetivo.

	<b>Impactos en la salud</b>	<b>Formas de Adaptación</b>
<i>Niños</i>	– Estrés	– Beber agua
	– Irritabilidad	– Ropa ligera y holgada
	– Agresividad	– Abanicos de papel
	– Falta de concentración	– Humedecer la cabeza
	– Calor	– Compresas húmedas
	– Sudor	– Trabajar en el piso
	– Mareo	
	– Dolor de cabeza	
	– Diarrea	
	– Desmayo	

Las educadoras indicaron que los infantes manifestaron dificultades físicas y psicológicas durante la ola de calor con duración de siete días, del 15 al 21 de junio de 2023, con temperaturas máximas superiores a 40 °C.

En cuanto a las dificultades físicas, los niños experimentaron algunas sensaciones leves y bastante comunes como calor y sudoración. En casos más complicados, los niños presentaron mareos, dolor de cabeza y diarrea. Mientras en casos críticos se han llegado a presentar desvanecimientos.

Desde el punto de vista psicológico, los niños presentaron cambios emocionales, tales como episodios de estrés, irritabilidad, agresividad y falta de concentración. Dichas emociones no solo tienen impacto en el sujeto que las experimenta, ya que tales estados ánimo pueden llegar a afectar la relación con los demás niños, al mismo tiempo que se obstaculiza su proceso de aprendizaje.

#### *Formas de adaptación*

En cuanto a las formas de adaptación, la mayoría pertenecen al grupo de las conductuales. Algunas relacionadas con la prevención de calor corporal y la deshidratación, como el uso de ropa ligera y holgada y beber agua continuamente. Otras estrategias se vinculan con la adaptación espontánea ante una situación de calor, a partir del uso de abanicos realizados con hojas de papel, así como, tirarse en el piso porque se considera que es fresco, lo cual a su vez se relaciona con la categoría de adaptación psicológica ya que se trata de una percepción con alta carga de subjetividad ya que el piso no logra permanecer muy por debajo de la temperatura ambiente.

Por último, algunas estrategias de adaptación para aminorar los impactos físicos generados por el calor tienen que ver con el uso de agua. Cuando los niños presentan mareos y dolores de cabeza es común que reposen en un lugar cómodo y aplicar compresas húmedas en la cabeza y el cuerpo durante algunos minutos hasta que el individuo logra un mejor estado físico. Sin embargo, este tipo de estrategias no siempre se pueden desplegar debido a la falta de agua que experimentan algunos sectores urbanos marginados.



## Conclusiones

Generar condiciones de habitabilidad térmica, entendida como un periodo de tiempo en el que un espacio promueve el confort térmico y la salud de los sujetos, en territorios áridos representa un gran reto en términos de adaptación de los asentamientos debido a las condicionantes climáticas como las altas temperaturas y la escasez hídrica. Desafortunadamente, la planificación urbana, así como, la normatividad y el diseño arquitectónico, muy a menudo, no contribuyen con asegurar condiciones de habitabilidad térmica en la escala urbana y arquitectónica.

Por otra parte, aún falta bastante por conocer y dimensionar sobre los diversos impactos locales que genera la exposición prolongada de los habitantes ante situaciones de calor extremo y prolongado en espacios urbano-arquitectónicos, lo cual afecta de diferentes maneras a sujetos de distinto género y edad. Esto no solo ayudaría a evidenciar un problema urbano-arquitectónico y de salud, sino también a impulsar la urgente necesidad de un cambio de paradigma sobre el diseño de ciudades y edificaciones con la capacidad de adaptarse a contextos climáticos áridos con presencia de olas de calor. Al mismo tiempo que se busca la sostenibilidad de las edificaciones y la mitigación del cambio climático.

Aunque existen estrategias de adaptación eficientes, con un alto nivel de tecnificación, para asegurar condiciones de confort térmico en edificaciones, algunas representan una gran carga hídrica y energética, debido al uso exagerado de componentes industrializados y de sistemas de enfriamiento que pueden llegar a consumir altas cantidades de agua y energía. Por supuesto, no todas las soluciones constructivas tienen que ser demasiado tecnificadas, ni altamente consumidoras de agua y energía, algunas se podrían retomar de las culturas constructivas que han sabido adaptarse históricamente a los climas áridos. Un ejemplo de ello es la arquitectura de tierra que aún perdura en México y en muchos lugares del mundo porque es una técnica de construcción tradicional, que además resulta ecológica, económica y con cualidades térmicas que la vuelven idónea para adaptarse a climas áridos y con ello mejorar las condiciones térmicas y de salubridad de sus ocupantes.

En el caso de Torreón, Coahuila, un territorio árido donde se pronostican aumentos de hasta 4 °C de temperatura para las próximas décadas, y con presencia de olas de calor, se han realizado estudios térmicos que sugieren que algunas viviendas no presentan cualidades de habitabilidad térmica (González et al., 2023). En este trabajo se demuestra que no solo las viviendas resultan impactadas por olas de calor, ya que dicho fenómeno también afecta a los equipamientos educativos para infantes que no están adaptados para ofrecer un desempeño térmico adecuado ante situaciones críticas de calor. Esto vislumbra un problema que podría tener graves implicaciones en la salud de los niños debido a que no cuentan con condiciones de habitabilidad térmica en sus viviendas ni en los espacios educativos a los que asisten cotidianamente, como el caso del jardín de niños analizado.

Como se ha logrado demostrar, los infantes que participaron en el estudio experimentaron dificultades físicas y psicológicas provocados por permanecer en espacios con altas temperaturas, generadas por olas de calor. De esta manera, se reafirma la relación que existe entre la aparición de patologías con la exposición ante altas temperaturas interiores en las edificaciones.

Desde una perspectiva tecnológica, el jardín de niños no ofrece condiciones de habitabilidad térmica, por el deficiente planteamiento constructivo en el que prevalece el empleo de materiales convencionales como el ladrillo y el concreto. Debido a que los materiales usados



en la envolvente tienen altos coeficientes de conductividad térmica, y que además suelen presentar temperaturas superficiales elevadas, el calor se transmite con mayor rapidez e intensidad hacia el interior de la edificación. Esto sugiere la implementación de tecnologías pasivas con cualidades térmicas, de bajo costo económico y ecológico, como el uso de membranas textiles de producción local para generar una envolvente ventilada, así como, revoques y entramados de tierra mezclados con fibras vegetales. Dichos materiales poseen bajos coeficientes de conductividad térmica y con ello se podría lograr una mejor adaptación térmica de la edificación durante el verano y en particular durante una ola de calor.

Si bien, este y otros trabajos se han aproximado al estudio de la habitabilidad térmica en viviendas y edificios educativos para infantes, en futuras investigaciones se podría abordar un análisis de habitabilidad térmica en el espacio público de Torreón, Coahuila, desde la experiencia de los infantes y de otros grupos etarios, con diferentes condiciones de género. Esto ayudará a evidenciar los impactos en la salud de los habitantes en la escala urbana y sobre todo motivará la reflexión sobre estrategias de diseño urbano-arquitectónico adaptadas a contextos con presencia de olas de calor.

## Referencias

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE (1993). *Fundamentals*. Atlanta, EUA: ASHRAE.

Arsad F., Hod R., Ahmad N., Baharom M. & Ja'afar M. (2023). Assessment of indoor thermal comfort temperature and related behavioural adaptations: a systematic review. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37211568/>

Auliciems, A. & Szokolay, S. (2007). *Thermal comfort*. Queensland, Australia: The University of Queensland.

Comisión Nacional del Agua - CONAGUA (2023). Reporte del clima en México. Junio 2023. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/RC-Junio23.pdf>

Consejo Nacional de Población - CONAPO (2020). Índice de Marginación Urbana 2020. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/828844/urbana.pdf>

Copernicus (2024). Nota de prensa. Bonn, 09/01/2024. Recuperado de: <https://reliefweb.int/report/world/copernicus-2023-se-convierte-en-el-ano-mas-calido-desde-que-hay-registros-con-un-calentamiento-de-la-temperatura-global-proximo-al-limite-critico-de-los-15oc>

De Lorenzo A., y Liaño, F. (2017). Altas temperaturas y nefrología: a propósito del cambio climático. *Nefrología*, 37, 492–500. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2016.12.008>

European Commission (2023). EU – Level technical guidance on adapting buildings to climate change. Best practice guidance. Recuperado de: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b175c9cb-cc5b-11ed-a05c-01aa75ed71a1/language-en>

Fuentes, V. (2002). *Metodología de diseño bioclimático: El análisis climático* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México.



Gobierno de México (2023). Temperaturas naturales extremas. Temporada de calor 2023. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/858062/TNE\\_SE37.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/858062/TNE_SE37.pdf)

Gómez, L., Vargas, L. y Gómez, A. (2014). La búsqueda del placer en ambientes térmicos contrastantes, como una característica de la adaptación psicológica. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/272682157\\_La\\_búsqueda\\_del\\_placer\\_en\\_ambientes\\_térmicos\\_contrastantes\\_como\\_una\\_característica\\_de\\_la\\_adaptación\\_psicológica](https://www.researchgate.net/publication/272682157_La_búsqueda_del_placer_en_ambientes_térmicos_contrastantes_como_una_característica_de_la_adaptación_psicológica) The search of pleasure in contrasting thermal environments as a feature of psychological

Gómez, G. y Gómez, A. (2015). Sostenibilidad y habitabilidad: ¿condiciones en pugna? En R. Valladares (Ed.), *Diversas visiones de habitabilidad* (39-70). Puebla: RNIU

González, A. J., Quiroa, J. A. & Villanueva, J. (2023). Habitar en un contexto de vulnerabilidad climática, durante una ola de calor en Torreón, Coahuila, México. *Ciencia Nicolaita, s/v* (87), 208-227. DOI: <https://doi.org/10.35830/cn.vi87.700>

Humphreys, M. & Nicol, F. (2018). Principles of Adaptive Thermal Comfort. Recuperado de: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-8465-2\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-8465-2_10)

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2023). Comunicado de prensa. 23/06PR. Recuperado de: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/press/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_PressRelease\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/press/IPCC_AR6_SYR_PressRelease_es.pdf)

Magnusson, L. & Di Napoli, C. (2023). Heatwave over southwest Europe in August 2023. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/374915387\\_Heatwave\\_over\\_southwest\\_Europe\\_in\\_August\\_2023](https://www.researchgate.net/publication/374915387_Heatwave_over_southwest_Europe_in_August_2023)

Martínez, P. y Patiño, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 3 (1), 5-20. Recuperado de: <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1>

Mena, E. (2011). Habitabilidad de la vivienda de interés social prioritaria en el marco de la cultura. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 4 (8), 296-314. Recuperado de: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cvyu/article/view/5477>

Morales, M., Nogués, M., Borrás, A. y García, Á. (2005). Golpe de calor. A propósito de un caso. Recuperado de: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-familiasemergen-40-pdf-13073963>

Organización Panamericana de la Salud – OPS (2021). Olas de calor. Guía para acciones basadas en la salud. Recuperado de: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55244/9789275324080\\_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55244/9789275324080_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

National Aeronautics and Space Administration - NASA (2024). anomalías de la temperatura global de la superficie en 2023. Recuperado de: <https://www.nasa.gov/news-release/el-analisis-de-la-nasa-confirma-que-2023-fue-el-ano-mas-calido-registrado/>

Pallasmaa, J. (2016). *Habitar*. Gustavo Gilli, Barcelona: España.





Picón, Y., Orozco, J., Molina, J. & Franky, M. (2020). Control central de la temperatura corporal y sus alteraciones: fiebre, hipertermia e hipotermia. *MedUNAB*, 23 (1), 118-130. Recuperado de: <https://revistas.unab.edu.co/index.php/medunab/article/view/3714/3208>

Quiroa, A., Villanueva, J., González, A. y Retana, A. (2020). Capacidad de mitigación de tres materiales constructivos de acuerdo con su desempeño térmico en zonas áridas, Caso de estudio: Torreón, Coahuila. *Academia XXII*, 11 (22), 216-231. DOI: <https://doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2020.22.77413>

Rahman, A. y Kojima, S. (2018). Study of indoor and outdoor thermal comfort for public space and houses in around river. Case study: Banjarmasin city, Indonesia. *ADEIJ*, 1(2), 29-41. Recuperado de: <https://airccse.com/adeij/papers/1216adeij03.pdf>

Roque R., Beaudoin C., Ndjaboue R., et al. (2021). Health effects of climate change: an overview of systematic reviews. DOI: <https://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046333>

Sarmiento, P., y Hormazábal, N. (2003). Habitabilidad térmica en las viviendas básicas de la zona central de Chile, a la luz de los resultados preliminares del proyecto FONDEF D00I1039. *Revista INVI*, 18 (46), 23-32. DOI: <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2003.62242>

Secretaría de Educación Pública – SEP (2015). Acciones y programas. Recuperado de: <https://www.gob.mx/sep/acciones-y-programas/administracion-federal-de-servicios-educativos-en-el-distrito-federal?idiom=es>

United Nations Children's Fund - UNICEF (2022). El año más frío del resto de su vida. Proteger a la infancia frente al impacto creciente de las olas de calor. Recuperado de: <https://www.unicef.org/media/130116/file/UNICEF-coldest-year-heatwaves-children-SP.pdf>

United Nations Children's Fund - UNICEF (2023). El cambio climático está transformando la infancia. Un suplemento del índice de riesgo climático de la infancia. Recuperado de: <https://www.unicef.org/media/147986/file/The%20climate-changed%20child%20-%20Report%20in%20Spanish.pdf>

Villanueva, J. (2020). Zonas climáticas locales y uso de suelo en Torreón. Vínculos entre ciencia y política para el desarrollo urbano. Saltillo, México: Universidad Autónoma de Coahuila. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29556.17281>

World Health Organization – WHO (2018). Heat and Health. Recuperado de: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health>

World Health Organization – WHO (2023). Significant weather and climate events in 2023. Recuperado de: <https://wmo.int/sites/default/files/2023-12/Supplement.pdf>

