



Una visión socio-territorial de la Isla de Calor Urbana. Caso de estudio Chilpancingo, Guerrero, México

González Parra, V. M., Villaseñor Franco, A. y Granados Ramírez, G. R. Una visión socio-territorial de la Isla de Calor Urbana. Caso de estudio Chilpancingo, Guerrero, México.

[*Postprint*]. CIENCIA *ergo-sum*, 33.

<https://doi.org/10.30878/ces.v33n0a82>

Sección: Ciencias de la Tierra y de la Atmósfera

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Esta versión del artículo es una “versión final del autor” que fue aceptada por un proceso de **evaluación por pares ciegos**. Este documento diferirá en formato respecto a la “versión del editor”, la cual se someterá a un proceso de corrección de estilo y de diseño editorial. De ninguna forma se modificará el contenido. Todas las ideas que se presentan son responsabilidad del autor.

**Una visión socio-territorial de la Isla de Calor Urbana. Caso de estudio
Chilpancingo, Guerrero, México**
**A Socio-Territorial Overview of Urban Heat Islands. Case Study:
Chilpancingo, Guerrero, Mexico**

Víctor Manuel González Parra, Universidad Autónoma de Guerrero, México

ROR: (<https://ror.org/054tbkd46>)

Correo electrónico: vicgonzparra@gmail.com

ORCID: 0009-0000-0113-9803

Alma Villaseñor Franco, Universidad Autónoma de Guerrero, México¹

ROR: (<https://ror.org/054tbkd46>)

Correo electrónico: almafranco@uagro.mx

ORCID: 0000-0001-6748-9662

Guadalupe Rebeca Granados Ramírez, Universidad Nacional Autónoma de México, México

ROR: (<https://ror.org/01tmp8f25>)

Correo electrónico: rebeca@geografia.unam.mx

ORCID: 0000-0002-3244-2431

Recepción: 9 de octubre de 2025

Aprobación: 18 de agosto de 2026

RESUMEN

La urbanización en Chilpancingo, capital del estado de Guerrero, ha presentado diversas etapas de crecimiento, con la consecuente pérdida de vegetación natural y alteración del clima. Por lo anterior, el objetivo del estudio determina la isla de calor urbana y su relación con aspectos socio-territoriales: tales como, urbanización y cambio de uso de suelo. Se emplearon imágenes Landsat 8, que permitieron obtener información de Temperatura Superficial Terrestre (TST), útil para delimitar la Isla de Calor Urbana (ICU). Se concluyó que la temperatura máxima de superficie está relacionada con el tipo de material de construcción y la pérdida de vegetación. Además, se identificaron islotes de calor; su ubicación espacial permitirá implementar estrategias para atenuar el aumento de temperatura.

PALABRAS CLAVE: urbanización, crecimiento, uso del suelo, ICU, TST.

ABSTRACT

Urbanization in the city of Chilpancingo, capital of the state of Guerrero, has gone through various stages of growth. Initially, the settlement was confined to the lower parts of a valley, currently, it occupies both hillslopes, with the resulting loss of natural vegetation and alteration of the urban climate. Given this, the main goal of this study was to determine the urban heat island and its relationship to socio-territorial aspects, such as urbanization and land-use change. Landsat 8 images were used to obtain Land Surface Temperature (LST) information, useful for delimiting the Urban Heat Island (UHI). It was concluded that the maximum surface temperature is related to the type of

¹ Autor para correspondencia.

construction material and the loss of vegetation. Furthermore, heat islands were identified; their spatial location will enable the implementation of strategies to mitigate the rise in temperature.

KEYWORDS: urbanization, growth, land use, LST, UHI.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el tema de Isla de Calor Urbana (ICU) ha motivado un notable interés en su estudio, debido a las crecientes implicaciones en la salud pública, el consumo de energía y la calidad ambiental (Sinha and Banerjee, 2025). Uno de los procesos que más contribuyen es la urbanización ya que la población se concentra en las ciudades y áreas adyacentes en detrimento de habitats naturales y actividades agrícolas, lo que implica la expansión física de los territorios urbanos.

A nivel mundial el suelo urbano está en constante aumento Ren *et al.* (2023) mencionan que en 2016 había una ocupación de 280 mil km² y para 2050 se estima una extensión de 490 mil km², lo que significa que se presentarán impactos en los hábitats naturales adyacentes y cambios al interior de las ciudades (Canul-Turrisa *et al.*, 2024; Rana *et al.*, 2024).

Un estudio socioterritorial se entiende como la relación entre lo social y lo territorial donde confluyen una diversidad e intensidad de procesos biofísicos, económicos, políticos, educativos, religiosos, entre otros. La Isla de Calor Urbana (ICU), desde una visión socio-territorial, se entiende en este estudio como la manifestación espacial de los procesos de urbanización y cambio de uso del suelo; mediante los cuales las dinámicas sociales, económicas y de planificación; transforman el territorio y modifican sus condiciones térmicas. Esta visión permite analizar cómo la expansión de superficies impermeables, la sustitución de cobertura vegetal, la densificación urbana y la distribución de la infraestructura de servicios; se traducen en contrastes térmicos intraurbanos, evidenciando cambios sobre el medio ambiente y efectos en la calidad de vida (Xique & Zamora, 2025).

La presencia de ICU propicia una serie de problemas ambientales, climáticos y socioeconómicos: degradación de la calidad del agua, emisión de contaminantes en el aire, cambios en el uso del suelo, reducción de la biodiversidad, cambios en el balance energético. Particularmente en la salud, éste fenómeno incrementa la morbilidad por estrés térmico y agrava patologías cardiorrespiratorias, un impacto que se intensifica en zonas con alta

densidad de población y donde además se carezca de cobertura vegetal. Esta situación deteriora el confort higrotérmico en el espacio público y restringe las actividades socioculturales al aire libre; de igual manera, el aumento de las temperaturas interiores compromete la habitabilidad y eficiencia operativa en las escuelas mientras que en hospitales se incrementa la demanda de climatización; a nivel doméstico se incrementa el gasto energético residencial, lo que merma la economía familiar y la productividad laboral.

Este mismo fenómeno está ocurriendo, en diversas ciudades de la República Mexicana e igualmente, en Chilpancingo, capital del estado de Guerrero. Si bien existen diversos estudios sobre la ICU en diversas ciudades éstas tienen diferencias sustanciales en función de la ubicación y características propias de la urbe. Chilpancingo ha manifestado un proceso acelerado de expansión y consolidación de áreas conurbadas, este aumento en densidad poblacional y edificaciones está generando aumento de temperatura y la presencia de una isla de calor y sus consecuentes impactos; por lo anterior, es importante considerar las características físico-geográficas de la zona urbana en cuestión, factores y elementos climáticos; conocimiento esencial para el establecimiento de medidas adecuadas y mitigadoras de planificación urbana que permitan minimizar sus efectos. Bajo este contexto, el objetivo de este estudio fue determinar la isla de calor urbana y su relación con aspectos socio-territoriales: tales como, urbanización y cambio de uso de suelo.

Diversos autores han estudiado el fenómeno de la isla de calor urbana, este problema se caracteriza por presentar una diferencia de temperatura entre el área urbana, la periferia y las áreas rurales. Una de las causas de este fenómeno es el cambio del uso del suelo. Con respecto a esta temática, autores como Villanueva-Solis *et al.* (2013) y Fuentes (2015) señalan que la isla de calor es la representación gráfica y espacial de la temperatura mediante mapas de isotermas de la ciudad y sus alrededores, donde las áreas de mayor temperatura se presentan de forma concéntrica y marcan la presencia de una isla térmica a escala micro climática.

Para Romero *et al.* (2010) “Los climas urbanos son un componente principal de los cambios climáticos y diferentes de los climas de áreas rurales, lo que se manifiesta en la presencia de islas de calor, causadas por la urbanización, y en su vinculación con la composición socioeconómica de los barrios que componen la ciudad”.

Con la expansión de las zonas urbanas son necesarias la construcción de carreteras, edificios e infraestructura de servicios para la población. La reducción de la vegetación, influye significativamente en el clima, por lo que muchos climatólogos consideran que las ciudades poseen climas únicos, cuyos fenómenos locales que se presentan, entre otros, son mayor almacenamiento de calor latente, producción de mayor calor por presencia y uso de transporte, calefacción, alumbrado; disminución de la humedad ambiental, menor pérdida de calor sensible y la contaminación atmosférica (Giannaros *et al.*, 2014; Martínez-Martínez, 2014; Jain y Sarkar, 2017).

En cuanto al comportamiento de las temperaturas, las precipitaciones y los vientos en las ciudades, Zárate (2012) señala que es fundamental conocer las características físico-geográficas donde se localizan las ciudades, ya que la diversidad de condiciones, dan lugar a microclimas al interior de ellas. Igualmente existen variaciones en la isla de calor al interior de la ciudad, denominados “picos térmicos” y que de acuerdo con Zárate (2012) son provocados por fuentes concretas de calor; como fábricas, nodos viales y/o vialidades de alta intensidad de tráfico.

Voogt y Oke (2003) mencionan que las propiedades físicas de los diferentes materiales y cubiertas de suelo son uno de los principales factores que influyen en la Temperatura Superficial Terrestre (TST). Las áreas edificadas, la superficie permeable y provista de vegetación, así como la superficie impermeable (áreas pavimentadas y construidas) tienen un impacto significativo en la generación de la ICU. En este sentido, la reducción de la vegetación afecta en el aumento de la TST, en la reducción de la precipitación y la evaporación.

Como ejemplo de lo anterior se tiene el caso de la Ciudad de México, con una alta sustitución de suelo natural por superficies construida e impermeables, Barrera-Alarcón (2022) realizó un estudio de las superficies impermeables en el área del aeropuerto Internacional de la Ciudad de México y demostró que se alcanzaron rangos de temperatura entre 31°C y 45°C de TST debido a la inmensa cantidad de asfalto en las pistas lo cual retiene el calor, mientras que en el sur de la ciudad, donde se conservan zonas boscosas, se registraron las temperaturas más bajas.

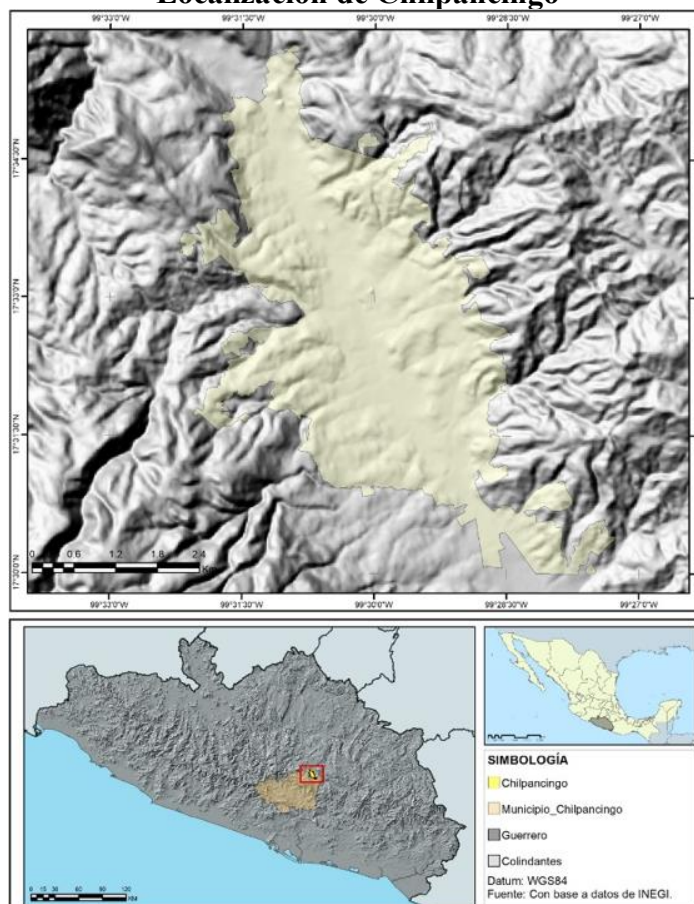
1. MATERIALES Y MÉTODOS

1. 1. Área de estudio

La ciudad de Chilpancingo se localiza en el centro del estado de Guerrero cuyas coordenadas son: latitudes de 17° 30' y 17° 36' norte, y entre las longitudes de 99° 27' y 99° 32' oeste (Figura 1). La zona urbana se encuentra en la parte baja de la Sierra Madre del Sur a 1 257 msnm en una zona de valle de aproximadamente 15 kilómetros de longitud con orientación noroeste a sureste rodeada por montañas y laderas abruptas (INEGI, 2020).

La temperatura media de los últimos 30 años fue de 22.5°C; en este periodo se tienen registros de temperaturas máximas mayores a 30°C en todos los meses del año. Posee clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano A(c)w₁(w)(i')w de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada; la vegetación se compone de selva baja caducifolia con especies de *Prosopis* spp, *Vachellia* spp y *Ipomoea* spp; en las partes más altas existen bosques de *Pinus* spp y *Quercus* spp. De acuerdo con los datos del INEGI (2020), la población total del municipio de Chilpancingo en 2020 fue 283,354 habitantes, siendo 52.5% mujeres y 47.5% hombres. La cabecera municipal del mismo nombre cuenta con una población de 241,717 habitantes, tiene una superficie de 36 Km² y su densidad promedio de 56 habitantes por km². De 1985 al 2020 ha tenido un amplio crecimiento espacial, más de 650 ha, este crecimiento ha sido significativo a partir de la construcción de la autopista México-Acapulco.

Figura 1
Localización de Chilpancingo



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2020).

1. 2. Metodología

Existen distintos métodos empleados para determinar la ICU. Los primeros fueron los registros de estaciones climáticas, mismos que permitieron conocer y comparar los contrastes de temperatura entre las ciudades y la periferia, posteriormente se incorporaron los métodos de medición móvil a lo largo de transectos y sondas fijas. El avance general de las ciencias y en particular de la física (aeronáutica y óptica) han permitido el desarrollo de diversas plataformas de observación y productos. Actualmente para la obtención de la ICU se emplean métodos de teledetección, éstos y desde la década de los años 90, han permitido la posibilidad de realizar estudios urbanos de TST e ICU a gran escala (Song *et al.*, 2018). En la actualidad, son numerosos los satélites que permiten obtener imágenes térmicas de la superficie terrestre: Goes, NOAA-AVHRR, Landsat 8, Sentinel 3 entre otras. (García y Díaz, 2022).

El estudio realizado de la ICU en Chilpancingo requirió de calcular la temperatura de la superficie terrestre TST empleando métodos de teledetección, mediante imágenes satelitales con sensores infrarrojos térmicos (Landsat 8). Diversos son los estudios sobre ICU que han utilizado la información de sensores como en Bangladesh, Barcelona, Shanghai, Beijing y Cracovia (García y Díaz, 2022).

Para el desarrollo del presente trabajo, se delimitó la zona de estudio, la cual comprende la zona urbana de Chilpancingo, así como el área contigua que corresponde a las zonas donde se puede llevar a cabo la comparación de la temperatura de la zona urbanizada y de la zona con vegetación. Se realizó trabajo de campo en diferentes zonas de la ciudad: áreas deportivas, espacios públicos, zonas comerciales, escuelas, centros de salud y en el campo militar; esta fase consistió en el monitoreo in situ durante horarios de máxima y mínima radiación solar, en las cuales se llevaron a cabo mediciones de temperatura con una estación meteorológica portátil efectuando lecturas repetidas por sitio para obtener promedios térmicos representativos.

1. 3. Recopilación de información

Se consultaron diversas fuentes documentales y bases de datos espaciales en repositorios institucionales, entre ellos el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para obtener información sobre infraestructura, diferentes equipamientos y servicios, tales como expansión urbana, características físico-geográficas, sociales y económicas. Para la expansión de Chilpancingo se obtuvieron los datos del crecimiento histórico de los años 1850 al 2000, del estudio *Ciudades Capitales* del INEGI (2000) y se empleó el conjunto de datos vectoriales por Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) urbanas, del INEGI (2000-2020), representados cartográficamente para identificar los períodos de crecimiento.

Con el propósito de caracterizar el área de estudio, se incorporaron las categorías de uso del suelo y vegetación que explica la relación del albedo con el almacenamiento térmico. Las superficies varían desde categorías de uso del suelo asociadas a coberturas naturales alteradas, como suelos carentes de vegetación, hasta zonas completamente antropizadas. La antropización del territorio contribuye al aumento de la temperatura, la predominancia de superficies con una capacidad mínima para reflejar la radiación solar, lo que provoca que la

energía térmica sea absorbida en lugar de ser devuelta a la atmósfera. Durante el día, los materiales almacenan calor mismo que se libera gradualmente por la noche, como es el caso de vialidades construidas con asfalto y las zonas con alta densidad edificada y pavimentada.

1. 4. Imágenes de satélite

La obtención de información procedente de las imágenes de satélite fue a través de dos fases, en la primera se procedió a realizar el cálculo de la temperatura de superficie terrestre (TST), y en la segunda el análisis de la Isla de Calor Urbana (ICU). A través de este diseño metodológico, se busca analizar geográficamente las concentraciones de calor y las anomalías térmicas en función de la densidad edificada en la ciudad.

Fueron seleccionadas y descargadas imágenes de satélite de la plataforma del Servicio Geológico de los Estados Unidos, específicamente aquellas procedentes del satélite Landsat 8 con una resolución espacial de 30 m de tamaño de pixel, de las imágenes obtenidas para este trabajo fueron de abril 2023.

En la manipulación de la información satelital se emplearon datos libres y software de código abierto (ArcGIS y QGIS). Con base a Riaño *et al.* (2000), se realizaron las correcciones atmosféricas a las bandas (B4), (B5) y (B10); roja, infrarroja y térmica. Además, para realizar el mapeo automatizado de la temperatura de la superficie terrestre se realizaron los siguientes geoprocursos:

1. 5. Proceso para el cálculo de la TST con Landsat 8

Para poder determinar dicha estimación primero se calculó la temperatura de brillo de la parte superior del techo de la atmósfera mediante la fórmula (Schroeder *et al.*, 2006):

$$L\lambda = ML * Qcal + AL - Oi \quad (1)$$

Donde: $L\lambda$ temperatura de brillo. ML : Representa el factor de reescalado multiplicativo específico de la banda. $Qcal$: Representa la banda 10. AL : Es el factor de la banda, factor de reescalado adictivo y Oi : Es la corrección para la banda.

La conversión de valores de la radiancia espectral a valores de reflectancia de temperatura de brillo de la parte superior de la atmosfera permitió corregir el efecto de la distancia espacial

entre el Sol y la Tierra, la cual se deriva por las distintas fechas de adquisición de cada imagen satelital (Chander *et al.*, 2009).

El segundo paso consistió en transformar la temperatura de brillo de la parte superior de la atmosfera a valores de temperatura de brillo mediante la aplicación de la fórmula (Jiménez - Muñoz *et al.*, 2010):

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left[\left(\frac{K_1}{L\lambda}\right)+1\right]} - 273.15 \quad (2)$$

Donde: **BT**: valor temperatura de brillo. K_2 y K_1 : Representan las constantes de conversión térmica específicas de la banda de los materiales. $L\lambda$: Es la temperatura de brillo de la parte superior del techo de la atmósfera -273.15°C = Cero absoluto (punto en el cual se detiene cualquier movimiento atómico).

La temperatura de brillo hace referencia a la temperatura en grados Celsius existente en la superficie de una región geográfica (Riaño *et al.*, 2000).

El tercer paso fue calcular el índice de vegetación de diferencia normalizada por medio de la fórmula (Rouse *et al.*, 1974):

$$NDVI: \frac{NIR(B5) - RED(B4)}{NIR(B5) + RED(B4)} \quad (3)$$

Donde: *NDVI* índice de vegetación. B5 = Banda infrarroja cercana. B4 = Banda roja

El resultado de este índice representa un conjunto de valores que oscilan de -1 a 1, donde valores negativos representan cuerpos de agua, valores de 0 a 0.2 señala áreas desprovistas o de escasa vegetación, los valores cercanos a 1 sugieren la presencia de zonas de densa vegetación como bosques y selvas (Rouse *et al.*, 1974; Sobrino *et al.*, 2012).

El cuarto paso consistió en calcular la proporción de la vegetación mediante la fórmula propuesta por Carlson y Ripley (1997):

$$PV: \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (4)$$

Donde: *PV* proporción de la vegetación. *NDVI* = índice de vegetación de diferencia normalizada. $NDVI_{min}$ = valor mínimo del *NDVI*. $NDVI_{max}$ = valor máximo del *NDVI*.

El uso de esta fórmula permitió aislar la emisividad de las diferentes cubiertas, tomando como referencia los valores mínimos y máximos de las coberturas vegetales del índice de vegetación de diferencia normalizada (Carlson & Ripley, 1997; Martínez-Barbachano, 2020).

En el quinto paso para calcular la emisividad de la superficie terrestre se consideró la propuesta de Sobrino *et al.*, (2004):

$$LSE = 0.004 * PV + 0.996 \quad (5)$$

Donde: *LSE* emisividad de la superficie terrestre. *PV* = Proporción de la vegetación. Desviación estándar = 0.004. Constante = 0.986

El cálculo de la emisividad de la superficie terrestre (*LSE*) representa la cantidad de energía infrarroja emitida por una superficie u objeto de acuerdo con su temperatura (Sobrino *et al.*, 2004) los valores de emisividad oscilan de 0 (objetos que reflejan toda la radiación) a 1 (cuerpos oscuros que absorben toda la radiación), asimismo las hojas de las plantas tienden a absorber valores de emisividad de 0.97 a 0.986 (Rubio *et al.*, 2003; Sobrino *et al.*, 2004).

En el último paso se estimó la temperatura superficial de la tierra por medio de la fórmula propuesta por Artis & Carnahan (1982):

$$TS: \frac{BT}{\left\{1 + \left[\left(\frac{0.00115 * BT}{1.4388}\right) \ln E \lambda\right]\right\}} \quad (6)$$

Donde: *TS* = Temperatura superficial de la tierra. *TB* = Temperatura de brillo. *E* = Emisividad. Constantes = 0.00115 y 1.4388.

1. 6. Cálculo de la Isla de Calor Urbana (ICU)

Para el cálculo de la ICU se utilizaron los resultados de TST, particularmente los valores de la media de la temperatura de superficie y la desviación estándar, información resultante de las imágenes. Con la herramienta de raster calculator del software ArcGIS 10.8 se realizó dicha cuantificación con la fórmula:

$$UHI = TS - \frac{Tm}{SD} \quad (7)$$

Donde: ICU= Isla de Calor Urbana. TS= Temperatura de la Superficie Terrestre. Tm= Media

de la temperatura de la superficie. SD= Desviación Estándar.

2. RESULTADOS

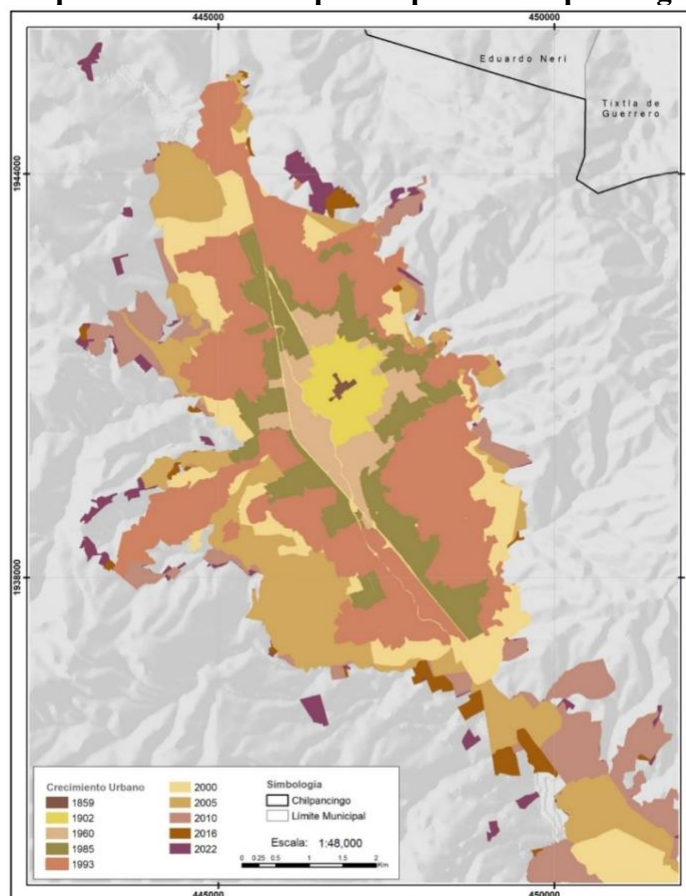
2. 1. Expansión de la ciudad

A partir de la década de los años 1980s, Chilpancingo ha presentado los mayores cambios en su contexto espacial, del crecimiento urbano, densidad de población, cambio de la superficie forestal, agrícola y urbana; factores que influyen en la configuración de la ICU (Figura 2).

Otra etapa de crecimiento acelerado de la ciudad fue a partir del año 1993, con la construcción de la autopista México – Acapulco, la ampliación de la zona urbana se dio en torno a la nueva autopista, alejándose del núcleo urbano. La expansión se orientó hacia el Norte y Sur, pero también en forma horizontal, en las laderas montañosas, con la consecuente pérdida de vegetación natural. Este crecimiento urbano también fue incentivado por la incorporación de servicios y vías de comunicación.

La ocupación ha dado paso a un proceso de expansión urbana así como de urbanización, lo que ha llevado a la construcción de viviendas, así como servicios educativos, comercios (formales e informales), de salud, financieros y edificaciones gubernamentales. Este crecimiento acelerado y desordenado está provocando un cambio en el uso del suelo, sin considerar las características físico-geográficas, vocación de los suelos, sus limitaciones, potencialidades y distribución geográfica; ocasionando un fuerte impacto ambiental, social y económico; al desplazar la actividad agrícola a suelos marginales y/o suelos con vocación forestal y de protección; ocasionando conflictos por el uso del suelo (Figura 2).

Figura 2
Expansión territorial por etapas de Chilpancingo



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2000, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d.

2. 2. Habitantes por vivienda

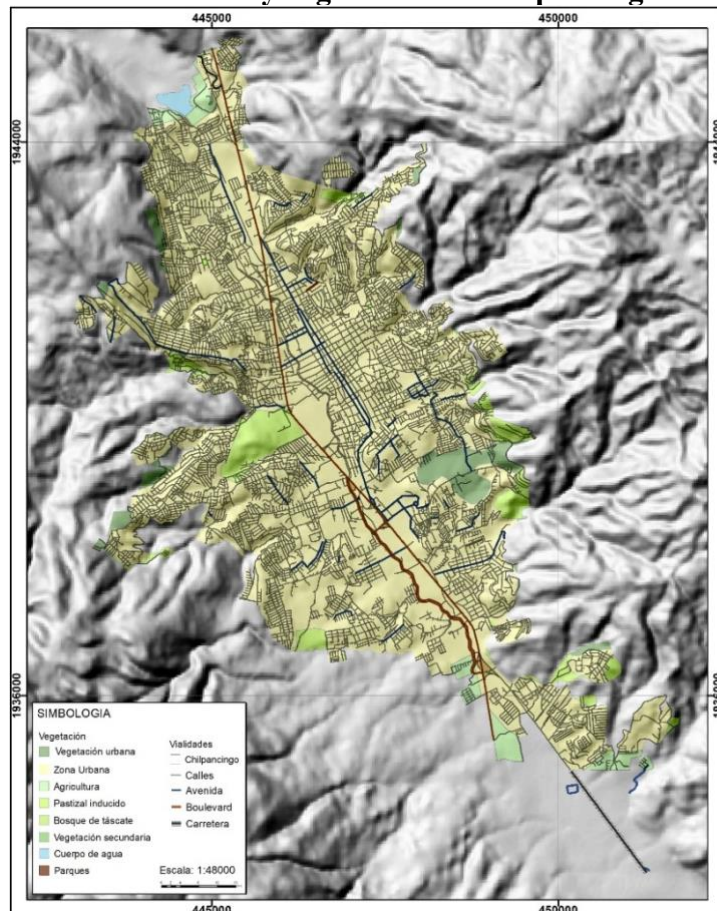
En el censo de población del año 2020 se identificaron 37 384 casas habitación con un promedio de 4.5 habitantes por vivienda. En cuanto a la distribución de la población, la menor cantidad de ella se ubica en la periferia de la ciudad, los barrios tradicionales del núcleo urbano, así como los localizados en las zonas adyacentes a la Autopista México - Acapulco y de las carreteras con conexiones a las localidades cercanas como: Amojileca, Tixtla y Zumpango. La mayor densidad de población se tiene en las colonias populares y en las unidades habitacionales.

2. 3. Uso del suelo

Para 2021 la extensión de Chilpancingo, era de una superficie de 3 409 ha, dentro de ésta se contaba con 83.7 ha (2.8%) de vegetación de bosque (arbórea y arbustiva de encino y

táscate), la agricultura, pastizal inducido y vegetación secundaria estaban presentes en áreas reducidas. La zona identificada como urbana ocupó 3 086 ha. (Figura 3).

Figura 3
Uso del suelo y vegetación de Chilpancingo



Fuente: elaboración propia con base en datos de Planet Labs y Sentinel Hub (2021) e INEGI (2020).

2. 4. Cambio de uso del suelo

Los cambios de uso de suelo de 2017 a 2021 (Cuadro 1) se caracterizaron por pérdida del estrato natural, en cinco años la vegetación secundaria arbórea y arbustiva de bosque de encino se redujo en 32.75 ha y la vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate disminuyó 56,99 ha en este quinquenio. Los asentamientos humanos o zona urbana aumentó 389.49 ha.

Cuadro 1
Cambio de uso del suelo

Cobertura	Ha 2017	(%)	Ha 2021	(%)
Agricultura de riego anual	65.16	1.91	65.86	1.93
Asentamientos humanos	2696.82	79.11	3086.31	90.53
Bosque de táscate	0.67	0.02	0.67	0.02
Palmar inducido	68.33	2	52.38	1.54
Pastizal inducido	351.96	10.32	107.07	3.14
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	42.81	1.26	10.06	0.3
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	96.65	2.84	71.09	2.09
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	83.67	2.45	13.34	0.39
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	2.2	0.06	2.2	0.06

Fuente: Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, Conjuntos de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2017) y VII (2021) Escala 1:250 000.

2. 5. Red vial

La red vial de Chilpancingo es resultado del proceso de expansión de la ciudad, la cual se ha desarrollado carente de instrumentos de planeación y ordenamiento territorial. La construcción de esta red presenta una orientación predominante sur- noreste, condicionada por su emplazamiento como nodo de articulación entre la región central y la costa del Pacífico (Eje Ciudad de México y Acapulco). Las arterias principales se configuran a partir del eje longitudinal del río Huacapa y el Boulevard principal de Chilpancingo, estas vialidades funcionan como corredores de acumulación térmica ya que, por su composición, presentan una alta exposición radiativa. El resto de la red se caracteriza por una discontinuidad territorial, donde la jerarquía de calles, avenidas y callejones presenta una fragmentación física notable.

En términos de materiales, esta red exhibe una heterogeneidad que impacta directamente en el balance hídrico y térmico local. Las superficies varían desde suelos carentes de vegetación en áreas de reciente ocupación (terracerías), hasta pavimentos hidráulicos y asfálticos en las vías primarias. De acuerdo con el inventario de infraestructura (INEGI, 2020e), la configuración vial se distribuye de la siguiente manera: un 52.71% corresponde a calles pavimentadas, un 24.55% al Boulevard principal y un 13.43% a las calles secundarias. Esta

configuración permite deducir que la antropización del territorio se realizó sin considerar criterios de resiliencia climática, ya que este proceso omitió la conservación de corredores biológicos y la creación de infraestructura verde (áreas de infiltración y sombreado), lo que derivó en un diseño vial deficiente. De este modo, la red vial opera como una estructura de almacenamiento térmico; esto se debe a que el asfalto y los materiales pavimentados poseen un albedo bajo, lo que significa que tienen una capacidad mínima para reflejar la radiación solar y, en su lugar, absorben la mayor parte de la energía en forma de calor. Esta retención de energía, sumada a la falta de estacionamientos planificados, intensifica la magnitud de la ICU en los sectores con mayor superficie pavimentada.

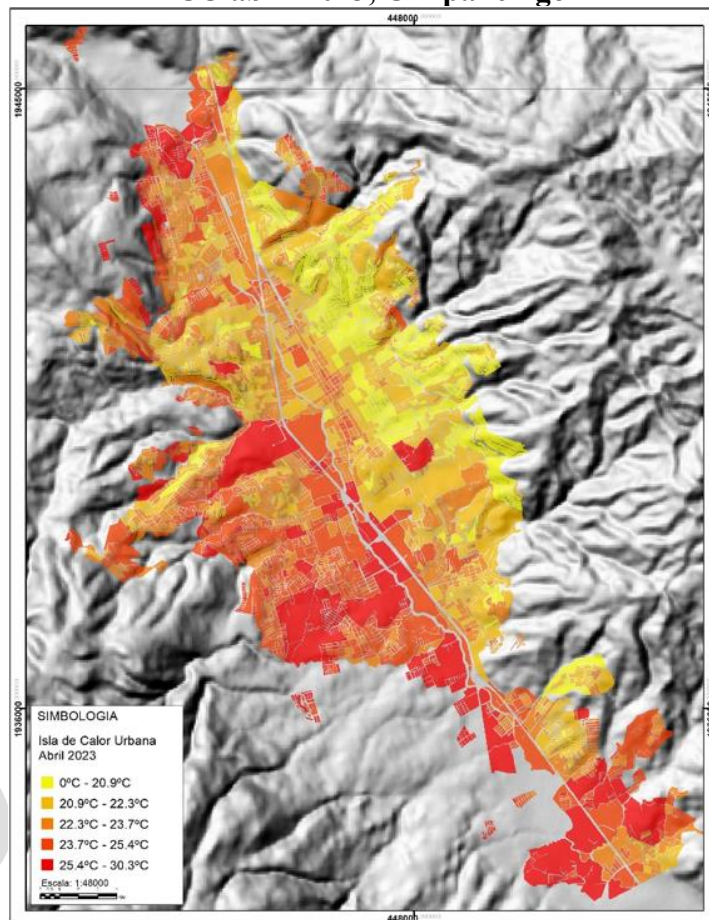
2. 6. Isla de calor en Chilpancingo

Algunas características geográficas de Chilpancingo son: valle rodeado por montañas y laderas de distinta inclinación, con un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano $A(c)w_1(w)(i')w$ (García, 2004), mismas que dan lugar a la presencia de una ICU con características muy particulares, en ella se observa un archipiélago térmico, como lo denomina Romero *et al.* (2010) presencia de núcleos de calor en forma lineal, compuesta predominantemente por islas e islotes menos cálidos (Figura 4). En términos generales en el extremo oriental de este archipiélago se registraron temperaturas menores, ya que es la porción que limita con el estrato de selva baja caducifolia localizado fuera del área urbana (Figura 4).

En la figura 4 ICU 2023 se identificaron temperaturas de 20.9 hasta 30.4°C, mismas que se agruparon en cinco categorías: las áreas menores a 20.9°C, se ubican en la parte este y noreste del área urbana, éstas coinciden con las partes altas, donde existe una importante presencia de vegetación; la siguiente categoría de 21°C a 22.3°C, son áreas que se distribuyen al este y noroeste; la tercer categoría con temperatura de 22.4°C a 23.8°C, las cuales se concentran al centro y sur de la ciudad, la cuarta categoría se encuentran las áreas con un rango de temperatura de 23.9°C a 25.4°C, esta fue verificada con trabajo de campo: en la parte norte se ubicaron diversas manzanas, las cuales se conforman por un conjunto de terrenos, predios o edificaciones, delimitado por vías de circulación (calles, avenidas, andadores) o límites naturales (ríos, barrancas), con escasa presencia de vegetación, al centro de la ciudad se sitúan diversas áreas deportivas pertenecientes a instituciones como la Universidad Autónoma de

Guerrero, y espacios públicos con jardines como la Alameda y el centro histórico de Chilpancingo; al sur y suroeste se encuentran nuevas áreas habitacionales, en las cuales se ha perdido la vegetación natural, también se ubica la zona militar, centros comerciales y un banco de material pétreo; en la quinta categoría 25.5°C a 30.4°C la parte norte principalmente en la periferia se ubican áreas de asentamientos sin vegetación y al oeste la zona militar.

Figura 4
ICU abril 2023, Chilpancingo

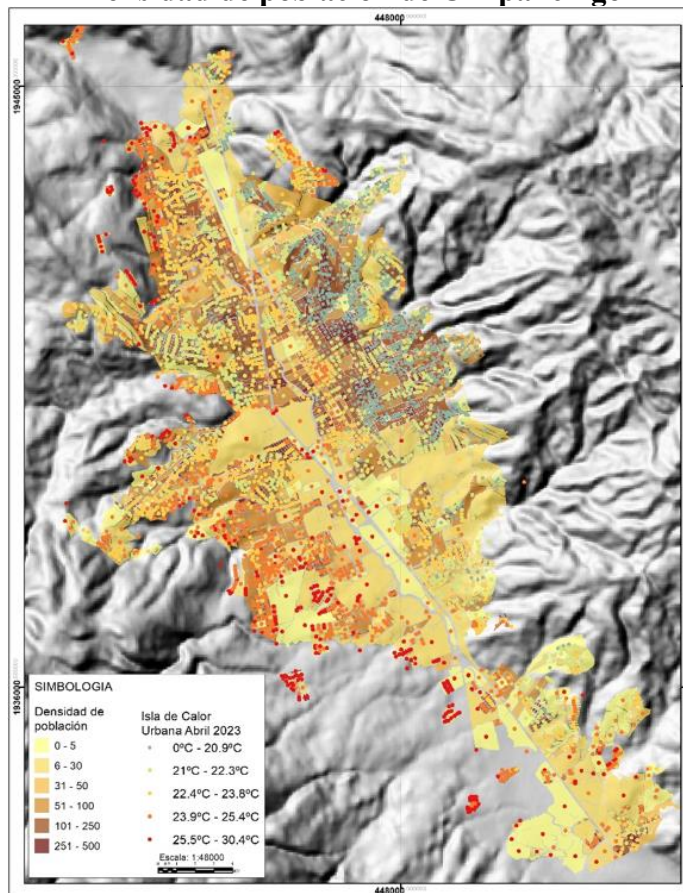


Fuente: elaboración propia con base en (INEGI 2020) y Landsat 8.

La distribución espacial de la temperatura superficial muestra una clara relación con la densidad demográfica, figura 5. En las porciones norte y este de la ciudad, los rangos térmicos más bajos y moderados (hasta 20.9 °C y de 21.0 °C a 23.7 °C) presentan una concentración poblacional homogénea, que oscila entre los 101 y 251 habitantes por manzana. En contraste, los sectores occidental y sur de Chilpancingo, que registran las temperaturas más elevadas (25.4 °C a 30.3 °C), presentan la ocupación más baja del estudio,

con densidades de apenas 5 a 30 habitantes por manzana.

Figura 5
Densidad de población de Chilpancingo

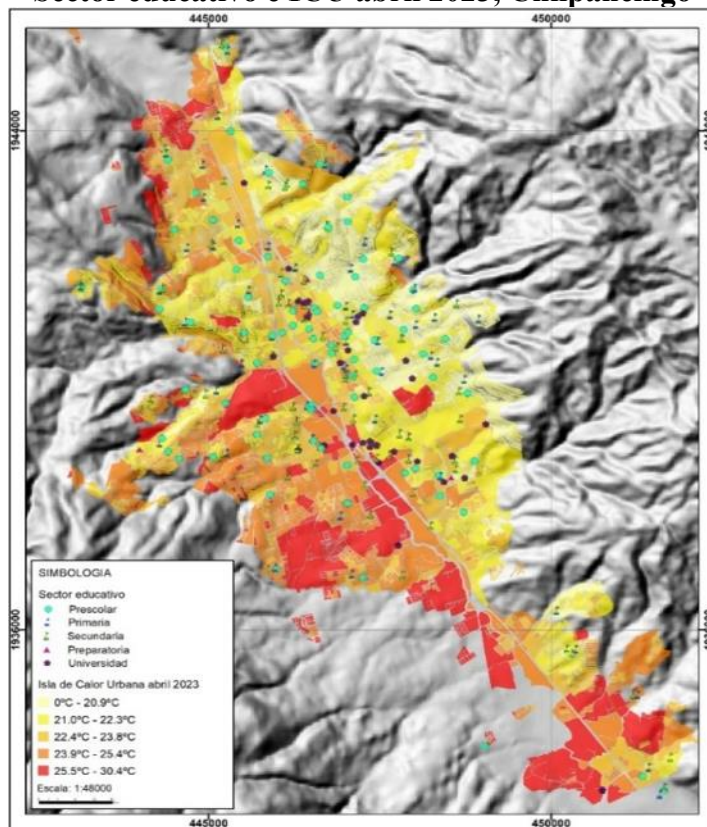


Fuente: elaboración propia con base en (INEGI 2020) y Landsat 8.

En cuanto a la distribución de las unidades educativas, Chilpancingo tiene 71 escuelas de nivel inicial, 139 de preescolar (kínder), 143 de primaria, 86 secundaria, 37 media superior (preparatoria) y 10 universidades.

En la figura 6 del sector educativo se encuentran las instituciones de nivel básico distribuidas en Chilpancingo, mismas que se ubican en el rango de temperatura de 20.9°C a 23°C, las instituciones de medio superior se ubican en el centro y sur de la ciudad con un rango de temperatura 21°C a 22.4°C, las instituciones de nivel superior se ubican en el centro y sur de la ciudad con un rango de temperatura de 23.9°C a 25.5°C donde hay escasa vegetación.

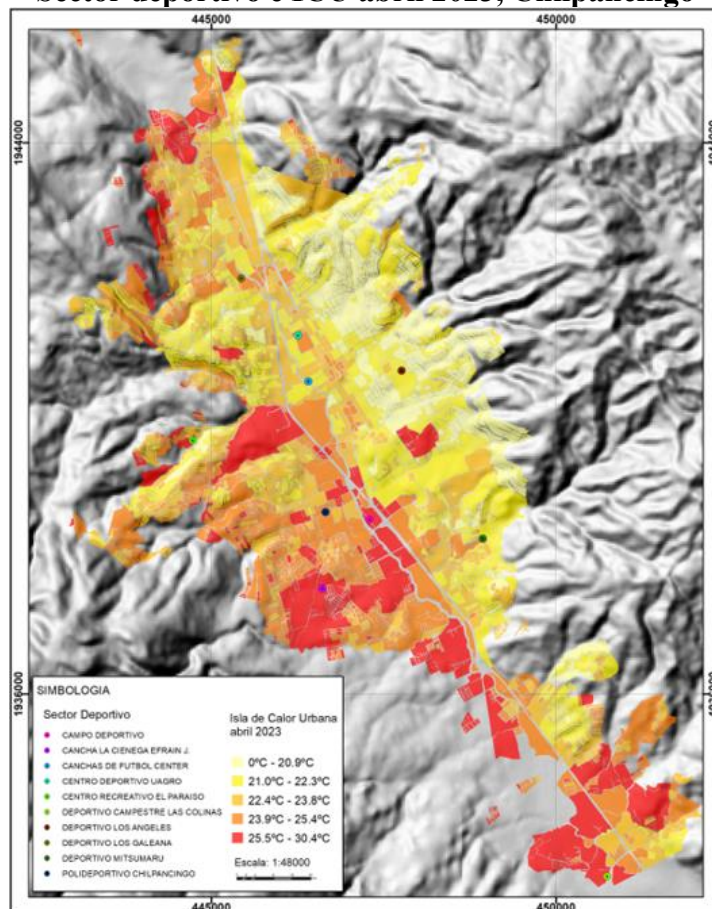
Figura 6
Sector educativo e ICU abril 2023, Chilpancingo



Fuente: elaboración propia con base en (INEGI 2020) y Landsat 8.

En la figura 7 se muestra la distribución de la infraestructura deportiva de Chilpancingo, destacan los tres complejos más importantes de la ciudad: el CREA, el Polideportivo y el centro deportivo de la UAGro. Al ser espacios de alta concurrencia donde se concentra una parte significativa de la población local, resulta relevante notar que estas áreas registran un rango térmico moderado, que oscila entre los 23.9 °C y los 25.5 °C.

Figura 7
Sector deportivo e ICU abril 2023, Chilpancingo



Fuente: elaboración propia con base en (INEGI 2020) y Landsat 8.

PROSPECTIVA

Uno de los procesos que más contribuyen a la Isla de Calor Urbana (ICU) es la expansión del área urbanizada, motivada por el incremento de la población y migración de familias. El crecimiento del área urbana debido al aumento de la población es uno de los factores que más alimentan la Isla de Calor Urbana (ICU). En Chilpancingo, este fenómeno muestra una tasa de crecimiento anual del 1.2% (INEGI, 2020), la cual responde tanto al nacimiento de nuevos habitantes como a la llegada de familias en busca de trabajo, escuelas y servicios de salud. Si esta expansión se mantiene y continúa la pérdida de áreas verdes, la temperatura de la ciudad sufrirá un alza constante ante la falta de árboles y plantas para frenar el calor.

Si la expansión de la ciudad se mantiene y las áreas verdes desaparecen, el calor local se

elevará de forma constante ante la falta de vegetación para enfriar el entorno. Este escenario provocará afectaciones más graves en la salud pública, debido a que el incremento de la temperatura influye directamente en la regulación térmica del cuerpo humano. Al alterarse este equilibrio térmico, la población experimentará una mayor propensión a sufrir deshidratación, insolación, fatiga extrema, malestar general y complicaciones respiratoria.

Es urgente considerar este problema en el desarrollo urbano sostenible, en el cual se implementen diversas acciones para la disminución de la temperatura, entre ellas el uso de materiales aptos para disminuir la irradiación del calor; también incrementar la presencia de áreas verdes entre otras acciones las cuales contribuyen a regular la temperatura.

La implementación de infraestructura verde es prioritaria debido a la transpiración, proceso que transforma el calor sensible en latente, refrescando el aire de manera activa, y al sombreado, que reduce la temperatura radiante media en superficies peatonales.

Adicionalmente se recomienda el uso de materiales con un alto Índice de Reflectancia Solar (SRI). Los materiales idóneos son aquellos que combinan una alta reflectividad (albedo) para rechazar la radiación de onda corta, y una alta emisividad térmica para liberar el calor acumulado durante el día, tales como pavimentos fotocatalíticos o cubiertas reflectantes.

Ante esta situación, es necesario incluir este problema en la planeación del desarrollo urbano sostenible mediante acciones directas para regular la temperatura. La infraestructura verde es la principal prioridad gracias al sombreado, el cual disminuye el calor en zonas peatonales, y a la evapotranspiración, un proceso que transforma el calor sensible en latente y enfría el aire de manera activa; de hecho, la evidencia científica global estima que un aumento del 10% en el arbolado de la ciudad puede bajar la temperatura ambiental entre 0.5 °C y 2.0 °C.

También se recomienda usar materiales con un alto Índice de Reflectancia Solar (SRI). Los componentes ideales son los que combinan una alta capacidad para reflejar la luz (albedo) y una alta emisividad para liberar el calor guardado. En la práctica, se sugiere cambiar a pavimentos fotocatalíticos o cubiertas reflectantes con un SRI mínimo de 29 en calles y mayor a 78 en techos, de acuerdo con normas de construcción sustentable como LEED. Esto impide que la red vial absorba y retenga calor de forma continua.

CONCLUSIONES

Las variables socioeconómicas analizadas, tales como: crecimiento de la población, expansión urbana, desarrollo de las vialidades, cambio de uso del suelo, así como la degradación del medio ambiente, han dado lugar a cambios en la temperatura del aire en Chilpancingo.

El análisis de variables como el crecimiento de la población, la expansión de la ciudad, el desarrollo de las calles, el cambio de uso de suelo y el daño ambiental demuestra que estos factores alteraron de forma drástica la temperatura del aire en Chilpancingo.

La variabilidad climática se ha presentado por la presencia de eventos meteorológicos que año con año son más frecuentes e intensos, además las alteraciones antrópicas que existen en la zona de estudio, entre ellas, la deforestación, cambios en el uso del suelo, crecimiento urbano acelerado a partir de la década de 1980, aumento de la infraestructura vial, entre otros la construcción de la autopista México - Acapulco, ha dado lugar a la presencia de islas de calor.

La ICU está presente todo el año, y registra sus temperaturas más elevadas durante el mes de abril, debido a las condiciones atmosféricas, escasa presencia de nubes, ausencia de lluvia en esta temporada del año y calentamiento excesivo de los diferentes materiales dentro de la ciudad. Se puede concluir que, la temperatura máxima de superficie está relacionada con el tipo de material de construcción y la densidad urbana.

La densidad de ocupación de las viviendas, así como el cambio de uso del suelo al interior de ella, favorece la presencia de una serie de islotes de calor. En cuanto a la distribución espacial de las temperaturas superficiales se vincula con la distribución de la cobertura vegetal, por lo que se observan diferencias principalmente entre el área oriente y poniente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestro agradecimiento a las académicas y los académicos que participaron en el proceso de arbitraje, cuyas valiosas sugerencias contribuyeron a mejorar la calidad de esta investigación.

REFERENCIAS

- Artis, D. A., & Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 12(4), 313-329.
- Barrera-Alarcón, I. G. (2022). La isla de calor urbano superficial y su manifestación en la estructura urbana de la Ciudad de México. *Revista de Ciencias Tecnológicas (RECIT)*, 5(3), 312-330. <https://recit.uabc.mx/index.php/revista/article/view/e227>
- Carlson, T. & Ripley, D. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3), 241-252.
- Chander, G., Markham, B. L. & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 893-903.
- Canul-Turriza, R., Aké-Turriza, K., May-Tzu, O., & Jiménez-Torres, M. (2024). Spatial-temporal analysis of heat islands applied to the coastal city of San Francisco de Campeche, Mexico. *Urbano*, 27(49), 8–23. <https://revistas.ubio.cl/index.php/RU/article/view/6438>
- European Space Agency (2021). Sentinel-2 MSI, Chilpancingo, México, abril de 2021. Copernicus Data Space Ecosystem. <https://dataspace.copernicus.eu/>
- Fuentes, C. (2015). Climatología urbana por modificación antropogénica. Alteración del balance de energía natural. Contexto. *Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 9(11), 73-91.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México. UNAM, Instituto de Geografía.
- García, D. H., & Díaz, J. A. (2022). Análisis espacio temporal de la Isla de Calor Urbana mediante imágenes satelitales: capitales de Andalucía. *ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno*. 17(49). <https://doi.org/10.5821/ace.17.49.10374>
- Giannaros, T. M., Melas, D., Daglis, I. A. & Keramitsoglou, I. (2014). Development of an operational modeling system for urban heat islands: An application to Athens, Greece.

Natural Hazards and Earth System Sciences, 14(2), 347-358.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). Uso del suelo y vegetación. Aguascalientes. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Mapa> (17/07/2023).

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2000). Ciudades capitales: una visión histórico urbana. Aguascalientes: INEGI. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825003424> (17/07/2023).

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020a). Marco geoestadístico Nacional 2010. Aguascalientes. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Mapa> (17/07/2023).

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020b). Marco geoestadístico Nacional 2015. Aguascalientes. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Mapa> (17/07/2023).

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020c). Marco geoestadístico Nacional 2020. Aguascalientes. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Mapa> (17/07/2023).

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020d). Medio ambiente, agua. Aguascalientes. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/datos/> (17/07/2023).

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020e). Red Nacional de Caminos. Aguascalientes. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/viascomunicacion/> (17/07/2023).

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2021). Uso del suelo y vegetación. Aguascalientes. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Mapa> (17/07/2023).

Jain, G. & Sarkar, S. (2017). Urban Heat Island: Causes, Effects & Mitigating Strategies. Imperial Journal of Interdisciplinary Research, 3(2), 67-73.

Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Cristóbal, J., Soria, G., Ninyerola, M., Pons, X., Hidalgo, V., Franch, B., Romaguera, M., Oltra-Carrió, R., Julien, Y. & Mattar, C. (2010).

Obtención de la temperatura de la superficie terrestre a partir de la serie histórica LANDSAT. *Revista de Teledetección*, 33(1), 53-63.

Martínez-Barbáchano, R. (2020). Estimación de la temperatura superficial en imágenes históricas Landsat 5 mediante corrección atmosférica monocanal en el térmico para la cuenca del río Tempisque-Bebadero (Costa Rica). *Revista Geográfica de América Central*, 65(2), 17-32.

Martínez-Martínez, J. (2014). Estudio de la isla de calor de la ciudad de Alicante. *Investigaciones Geográficas*, (62), 88-99.

Rana, B., Bandyopadhyay, J., & Halder, B. (2024). Investigating the relationship between urban sprawl and urban heat island using remote sensing. *Theoretical and Applied Climatology*, 155, 4161-4188.

Ren, Q., He, C., Huang, Q., Zhang, D., Shi, P., & Lu, W. (2023). Impacts of global urban expansion on natural habitats undermine the 2050 vision for biodiversity. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106834.

Riaño, D., Salas J. & Chuvieco, E. (2000). Corrección atmosférica y topográfica, información multitemporal y auxiliar aplicadas a la cartografía de modelos de combustibles con imágenes Landsat-TM. En I. Aguado & M. Gómez (eds.), *Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible*. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares, pp. 222-239.

Romero, H., Salgado, M., & Smith, P. (2010). Cambios climáticos y climas urbanos: Relaciones entre zonas termales y condiciones socioeconómicas de la población de Santiago de Chile. *Revista invi*, 25(70), 151-179.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A. & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. En S. C. Freden, E. P. Mercanti & M. Becker (eds.), *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Technical Presentations*. Scientific and Technical Information Office, NASA, pp. 309-317.

Rubio, E., Caselles, V., Coll, C., Valor, E. & Sospedra, F. (2003). Thermal-infrared

emissivities of natural surfaces: improvements on the experimental set-up and new measurements. *International Journal of Remote Sensing*, 24 (24), 5379-5390.

Schroeder, T. A., Cohen, W. B., Song, C., Canty, M. J. & Yang, Z. (2006). Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. *Remote Sensing of Environment*, 103(1), 16-26.

Sinha, S., & Banerjee, A. (2025). A systematic review of land use and land cover changes and their influence on urban heat island dynamics. *Discover Geoscience*, 3(1), 253.

Sobrino, J., Oltra, C., Jiménez, J., Julien Y., Soria G., Franch B. & Mattar C. (2012). Emissivity mapping over urban areas using a classification-based approach: Application to the Dual-use European Security IR Experiment (DESIREX). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 18, 141-147.

Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C. & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434-440.

Song, J., Lin, T., Li, X., & Prishchepov, A. V. (2018). Mapping urban functional zones by integrating very high spatial resolution remote sensing imagery and points of interest: A case study of Xiamen, China. *Remote Sensing*, 10(11), 1737.

Villanueva-Solis, J., Ranfla, A. y Quintanilla-Montoya, A. L. (2013). Isla de calor urbana: modelado dinámico y evaluación de medidas de mitigación en ciudades con clima árido extremo. *Información Tecnológica*, 24(1), 15-24.

Voogt, J. A., y Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370-384.

Xique, J. C. C., & Zamora, R. D. J. L. (2025). Transformaciones socioterritoriales, vivienda y cambio de uso de suelo con la instalación del cluster automotriz Audi en el municipio de Huamantla, Tlaxcala México. *Posición. Revista del Instituto de Investigaciones Geográficas*, (14), 1-22.

Zárate, M. M. A. (2012). *Geografía urbana. Dinámicas locales, procesos globales*. Editorial Universitaria Ramón Areces. 352 pp.