

Islas de calor urbanas: un fenómeno poco estudiado en México

ULISES MANZANILLA-QUIÑONES

Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, Universidad
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
C.P. 60170, Michoacán, México.
ulises_manza@hotmail.com

El presente ensayo pretende dar a conocer la alternativa del uso de técnicas de percepción remota en la identificación de las islas de calor urbanas (ICU), fenómeno urbano mundial que ha sido poco estudiado en México. Mediante el procesamiento y análisis de imágenes satelitales es factible y confiable determinar áreas con una temperatura superficial mayor, es decir, calcular la diferencia en temperatura registrada entre un área urbana y un área rural. A través del uso de estas técnicas es posible diseñar planes para la mitigación y control de las ICU de las grandes ciudades de México.

Palabras clave:
Áreas urbanas, aumento en
temperatura, estrés térmico,
geografía urbana,
metrópolis.

Ciudades

El concepto suena simple, pero ¿Qué es una ciudad? Las ciudades se consideran como áreas geográficas urbanas que contienen un determinado número de habitantes que viven en un área relativamente pequeña. No existe un criterio universal acerca del número mínimo de habitantes de una ciudad. Por ejemplo, en Dinamarca, un área urbana se define como una localidad de más de 200 personas, mientras que en Nigeria la población base para que una localidad sea considerada como ciudad es de 20,000 habitantes. En Estados Unidos de América, un área urbana es cualquier sitio con una población mayor a 500 personas por milla cuadrada. De igual manera pasa en Canadá, donde la densidad poblacional debe ser de 400 personas por kilómetro cuadrado (Blanco 2018). En México, de acuerdo con los datos del último censo poblacional del INEGI (2022) se estima una densidad poblacional promedio a nivel nacional de 64 habitantes por kilómetro cuadrado. Actualmente, la creciente expansión de la mancha urbana que experimentan las ciudades ha derivado en la generación de múltiples problemas ambientales para los habitantes que radican en tales metrópolis; como una menor calidad del aire (mayor cantidad de gases contaminantes suspendidos en la atmósfera), reducción de los servicios ecosistémicos (captura de carbono y liberación de oxígeno), alteraciones en el clima local (cambio climático a escala local) y una menor calidad de vida ambiental (Blancarte-Siqueiros *et al.* 2020; Manzanilla-Quiñones *et al.* 2021), los cuales se consideran como un problema serio para las actividades de planeación y desarrollo urbano (Zavaleta-Palacios *et al.* 2020).

@CICYoficial    



GOBIERNO DE
MÉXICO

    gob.mx

El fenómeno de las islas de calor urbanas

Como ya se ha mencionado en el párrafo anterior, las ciudades generan múltiples problemas ambientales para sus habitantes, la mayoría relacionados con los distintos procesos de urbanización y expansión de la ciudad. Uno de estos problemas es la formación de islas de calor urbanas. Pero ¿a qué se le considera como una isla de calor urbana? El término isla de calor urbana se emplea para describir las áreas urbanas que suelen presentar incrementos en la temperatura superficial terrestre en comparación con las zonas suburbanas o rurales que las rodean. Se sabe que este aumento en la temperatura superficial se debe en gran medida a los materiales como el concreto y las estructuras metálicas utilizados en la construcción de las ciudades, los cuales tienden a absorber y retener una mayor cantidad de radiación solar durante el día (Soltani & Sharifi 2017).

Existen dos tipos de islas de calor urbanas: la primera; llamada isla de calor superficial representa la diferencia de la temperatura registrada en los distintos materiales y superficies urbanas como el pavimento y las azoteas de los edificios con respecto a las superficies rurales próximas a la ciudad. La segunda denominada isla de calor atmosférica, señala las diferencias térmicas entre el aire de las zonas urbanas y rurales (Fernández 2009). En la Figura 1 se pueden observar varias islas de calor urbanas de tipo superficial identificadas para el periodo 2013-2020 en el área metropolitana de Monterrey (Nuevo León, México).

A nivel mundial, los países con mayor número de investigaciones realizadas acerca de las islas de calor urbanas son Grecia y España (Fernández 2009). Las islas de calor urbanas producen eventos climáticos extremos conocidos como “golpes de calor” y cuyos efectos suelen ser mayores durante el verano. En 2019, se produjeron un total de 356,000 muertes por “golpes de calor” solamente en los Estados Unidos de América (Hernández 2021). En México, para ese mismo año se registraron 15 muertes por “golpes de calor” (El Sol de México 2022).

Por otra parte, la presencia de islas de calor urbanas suele tener un efecto directo en el consumo de energía eléctrica, principalmente durante el verano, que es cuando la temperatura máxima suele aumentar por efecto de la canícula en muchas regiones de México y por consecuencia se incrementa la deman-

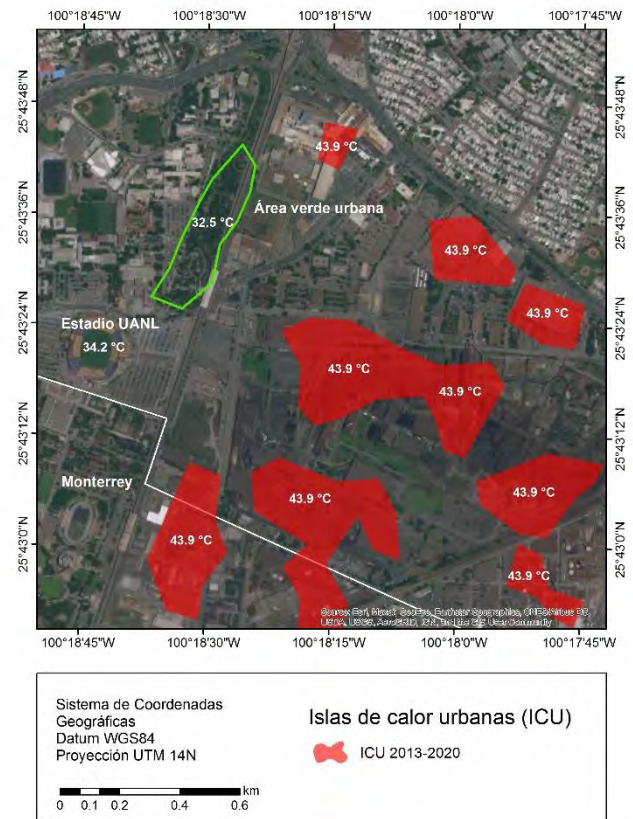


Figura 1. Islas de calor urbanas de tipo superficial identificadas en el área metropolitana de Monterrey (Mapa: Ulises Manzanilla-Quiñones)

da del uso de aires acondicionados, lo cual a su vez aumenta la contaminación del aire e incrementa el número de gases de efecto invernadero suspendidos en la atmósfera, lo que da como resultado la alteración en el clima local de las ciudades (Manzanilla-Quiñones *et al.* 2021).

Los efectos de la formación y presencia de las islas de calor urbanas no solamente repercute en la calidad de vida de los habitantes de las ciudades, sino que también suele tener un impacto negativo en la biodiversidad local, alterando la composición y riqueza de especies que habitan en las áreas urbanas. De acuerdo con las proyecciones de cambio del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático; el calentamiento global traería consigo serios problemas ambientales y de salud para la humanidad, principalmente en los países de latitudes altas, es decir, países que se encuentran cercanos al Hemisferio Norte como Estados Unidos de América, Canadá, Rusia, China, Suecia, Finlandia e In-

glatterra, sufrirían más los efectos del cambio climático y la posible formación a futuro cercano de un mayor número de islas de calor urbanas.

Estudios efectuados en México

Pese a que la creación de las islas de calor urbanas es uno de los fenómenos urbanos muy bien documentado a escala global (Colunga *et al.* 2015), este fenómeno ha sido poco estudiado en las grandes ciudades mexicanas. De acuerdo con la búsqueda exhaustiva efectuada en Google Académico para este tipo de estudios durante los últimos 30 años en México, se encontró un total de 19 artículos científicos (Tabla 2). De acuerdo con los datos del último Censo de Población y Vivienda de INEGI (2020), de las 50 ciudades más pobladas de México, únicamente 10 cuentan con algún estudio sobre el análisis de las islas de calor urbanas (Tabla 1) (Figura 2A) y las 40 ciudades restantes no cuentan con información al respecto (Figura 2B).

En la Tabla 2 se describe el nombre de los autores, año y la metodología empleada en los trabajos publicados sobre el estudio de las islas de calor urbanas en México. También se puede observar que el 52.6 % de los estudios sobre las islas de calor urbanas emplean datos climáticos provenientes de estaciones meteorológicas dentro de la zona de estudio, 26.3 % utilizan técnicas de percepción remota, 10.5 % usan datos de sensores térmicos y el 10.5 % restante a otros métodos.

El 52.6 % de los estudios efectuados en nuestro país emplean datos climáticos provenientes de estaciones meteorológicas localizadas dentro del área de estudio. Por medio del análisis de estos datos es posible conocer la diferencia registrada en la temperatura de un área urbana y un área rural para un periodo determinado (primavera, verano, otoño o invierno).

Se sabe que la temperatura registrada en las islas de calor urbanas varía entre cada una de las ciudades mexicanas, por ejemplo, un estudio realizado por Colunga *et al.* (2015) para la Ciudad de México hallaron una diferencia en la temperatura de verano de las áreas urbanas y las áreas rurales de hasta +5° C. En esa misma ciudad y temporada, Ballinas y Barradas (2016) hallaron una isla de calor urbana con una diferencia en temperatura de +7.1° C en comparación con el promedio registrado por las esta-

ciones meteorológicas de la zona. Morales *et al.* (2007) encontraron una diferencia de +3° C durante la estación de verano entre las zonas urbanas y las áreas rurales de la ciudad de Toluca. De la misma forma y en esta misma ciudad, Romero *et al.* (2011) identificaron islas de calor urbanas con valores de 4° a 5° C superiores al promedio histórico registrado por las estaciones meteorológicas durante el verano-invierno.

En el norte del país la tendencia de diferencia entre la temperatura de áreas urbanas y áreas rurales se sigue manteniendo. Un estudio efectuado por Mercado y Marincic (2017) reportaron una diferencia de +4° C entre áreas urbanas y áreas rurales durante el periodo de verano en la ciudad de Hermosillo, Sonora. Por su parte Contreras *et al.* (2008) encontraron para ciudad Juárez, Chihuahua, una diferencia entre la temperatura de verano de las áreas urbanas y áreas rurales de hasta +6° C. De igual manera Fuentes (2014) reportó para la ciudad de Tampico, Tamaulipas, la presencia de islas de calor urbanas durante el verano, con una diferencia en la temperatura entre áreas urbanas y rurales de +4.9° C. Por último, para el sureste de México Zavaleta *et al.* (2020), encontraron una diferencia entre la temperatura registrada durante el verano en las áreas urbanas y las áreas rurales de hasta +5° C para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Identificación de islas de calor urbanas mediante imágenes de satélite

Actualmente las imágenes satelitales (Landsat, Spot, Sentinel, etc.) de alta resolución espacial son empleadas como una herramienta auxiliar en la evaluación de los recursos naturales de una región o área de interés. Aunado a esto, la alta disponibilidad de estos datos hace factible y confiable el desarrollo de múltiples investigaciones con enfoques multidisciplinarios. El uso y procesamiento de la información satelital hace posible estimar y medir las diferencias producidas entre la temperatura superficial de un área urbana y un área rural (Navarro-Tec *et al.* 2018; Biles and Lemberg 2020).

Para poder realizar una identificación y estimación de la intensidad de la temperatura de las islas de calor urbanas, primero se obtiene información climática del área a estudiar. Para eso, se deben obtener los datos climáticos de las estaciones meteorológicas

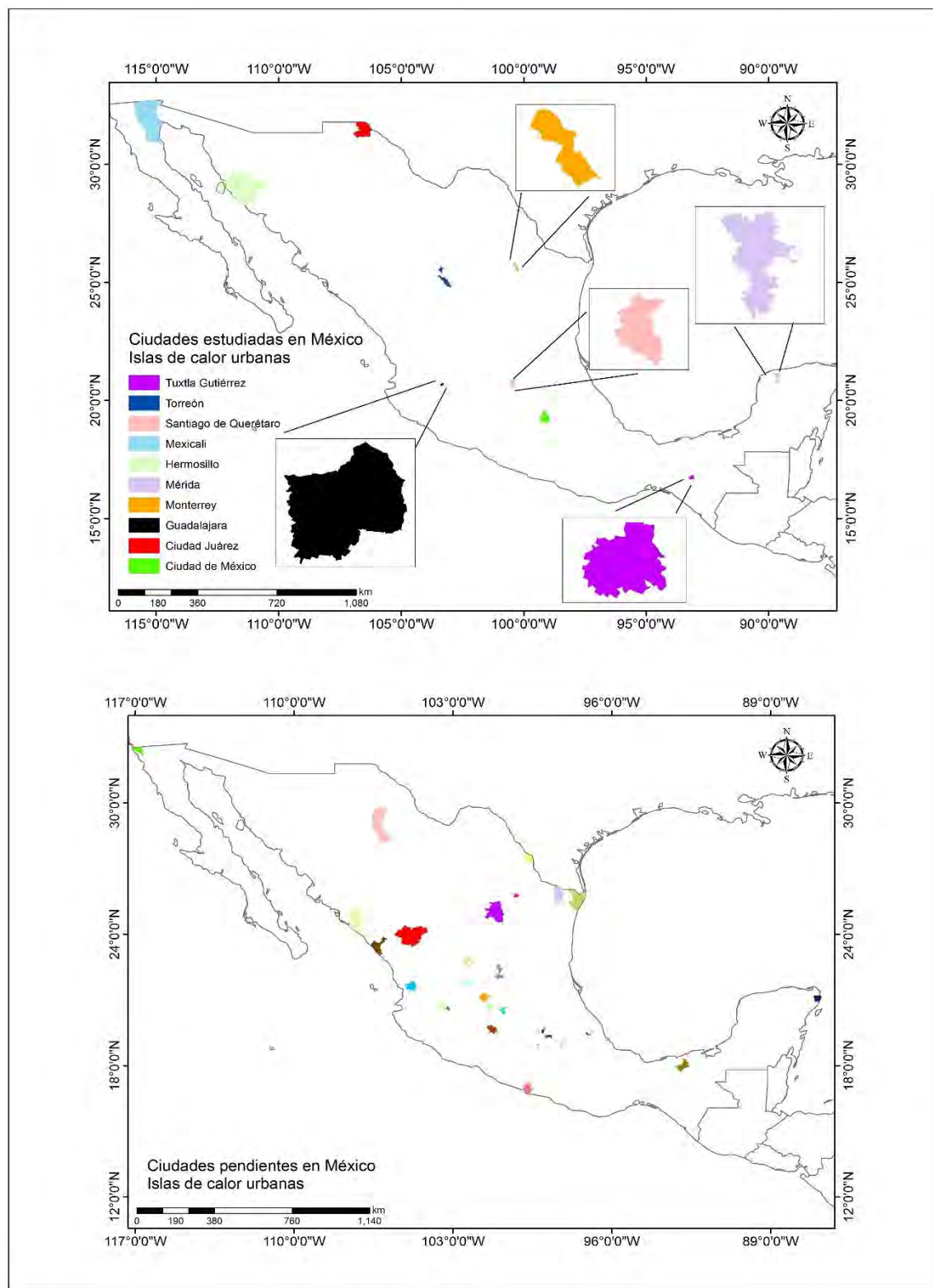


Figura 2. A. Ciudades mexicanas con trabajos publicados sobre el estudio de las islas de calor urbanas. **B.** Ciudades mexicanas sin trabajos publicados sobre el estudio de las islas de calor urbanas. (Mapas: Ulises Manzanilla-Quñones)

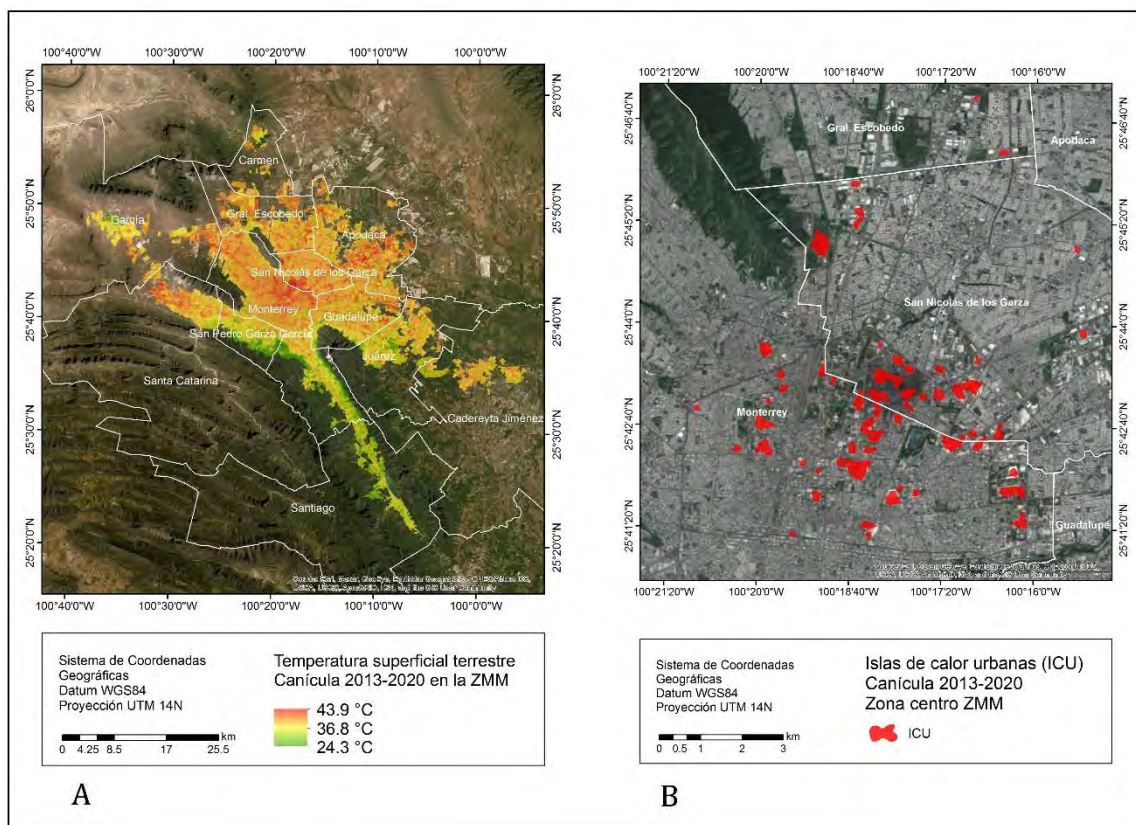


Figura 3. A. Estimación de la temperatura superficial terrestre de la zona metropolitana de Monterrey, México. **B.** Islas de calor urbanas identificadas en la zona centro del área metropolitana de Monterrey, México. (Mapas: Ulises Manzanilla-Quñones).

ubicadas dentro del área a estudiar, información que se encuentra disponible en la plataforma de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Posteriormente, se establece un intervalo de tiempo en el cual todas las estaciones meteorológicas presenten más del 95 % de los datos completos, los registros faltantes se reconstruyen mediante el uso de medias móviles, las cuales representan el valor promedio de temperatura por cada periodo de cinco años (Manzanilla-Quñones *et al.* 2021). Finalmente se promedian los registros de temperatura máxima de todas las estaciones meteorológicas y se estima el valor promedio histórico, por ejemplo, para la zona metropolitana de Monterrey durante el periodo 1965-2015 se estimó una temperatura máxima promedio histórica de 35° C para los meses de julio-agosto.

Como segundo paso se debe obtener información satelital del periodo de interés. Para eso, se descargan imágenes satelitales del periodo de interés, es importante mencionar que, si se pretende analizar la

temporada de verano, se deben obtener las imágenes satelitales disponibles para los meses de verano que presenten el menor porcentaje de nubosidad posible, esto con la finalidad de evitar errores de estimación debido al efecto de dispersión de la luz por parte de las nubes. Esta información se puede descargar de la plataforma del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) y son de libre acceso.

Las imágenes satelitales contienen un determinado número de bandas conocidas como multiespectrales, este nombre se debe a las distintas respuestas de reflectancia a la luz de cada banda, para el caso específico del satélite Landsat 8 OLI, cada imagen satelital está conformada por 11 bandas multiespectrales. Estas bandas multiespectrales suelen analizarse y procesarse en programas de sistemas de información geográfica especializados como lo son ArcGis y Qgis, el primero requiere tener una licencia y el segundo es de acceso libre. Para el caso específico de la estimación de islas de calor urbanas

se utilizan las bandas rojas (banda 4), infrarroja (banda 5) y térmica (banda 10). El proceso final de este análisis da como resultado la estimación de la temperatura superficial terrestre de la zona de estudio (Figura 3A).

Por último, la identificación de las islas de calor urbanas se realiza al reclasificar los valores de temperatura superficial terrestre que son mayores al valor promedio histórico registrado por las estaciones meteorológicas de la zona de estudio. La diferencia hallada entre la temperatura promedio histórica registrada por las estaciones meteorológicas de la zona metropolitana de Monterrey y la temperatura superficial terrestre estimada mediante el uso de bandas multispectrales para esa misma zona fue de hasta +8.9° C (Figura 3B).

Acciones de mitigación

¿Qué podemos hacer para controlar y/o minimizar el efecto de las islas de calor urbanas en las ciudades?

Múltiples estudios coinciden en que aumentar las superficies de las áreas urbanas verdes ayuda a disipar el exceso de calor retenido por las superficies de concreto y asfalto, sin embargo, esta propuesta no es tan simple como parece, esto debido a que en las grandes ciudades las áreas urbanas verdes presentan una tendencia de disminución en sus superficies (Carrillo 2005). Por lo que lo ideal sería conservar y proteger las áreas urbanas verdes de cada ciudad e implementar programas de reforestación de camellones y banquetas (Flores de la O *et al.* 2018) con la finalidad de reducir la intensidad de las islas de calor urbanas.

Otra alternativa factible sería el uso de azoteas verdes y pintar de color blanco las calles y edificios de las ciudades (Blancarte-Siqueiros *et al.* 2020) acciones que ayudarían a aminorar y/o reducir las altas temperaturas registradas durante el verano y por consecuencia se disminuiría la intensidad de las islas de calor urbanas.

Referencias

Ballinas M. y Barradas V. 2016. The urban tree as a tool to mitigate the urban heat island in Mexico City: simple phenomenological model. *Journal of Environmental Quality* 45(1): 157-166. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.0056>.

Biles J.J. y Lemberg D.S. 2020. A Multi-scale Analysis of Urban Warming in Residential Areas of a Latin American City: The Case of Mérida, Mexico. *Planning Research Education and Research* 1-16. <http://doi.org/10.1177/0739456X20923002>.

Blancarte-Siqueiros R.H., Pérez-Verdín G. y Cortes-Ortiz A. 2020. La relación entre la calidad de vida, sentido de pertenencia y áreas verdes en ambientes urbanos en la ciudad de Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 26(1): 97-111. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2019>.

Blanco B.A.G. 2018. ¿Qué es una Ciudad? Un concepto con muchas definiciones. Ciudades Sostenibles. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/el-dia-de-que-las-ciudades-un-concepto-con-muchas-definiciones/> (Consultado: 14 de julio 2022).

Carrillo L.E. 2005. El efecto “isla calor”. *Gaceta Universitaria. Ecología* 8. En <http://ww1.gaceta.udg.mx/Hemeroteca/paginas/388/388-8.pdf>. (Consultado: 15 de julio 2022).

Colunga M.L., Cambrón-Sandoval, V.H., Suzán-Azpiri, H., Guevara-Escobar A. y Luna-Soria H. 2015. The role of urban vegetation in temperature and heat island effects in Querétaro city, México. *Atmósfera* 28(3): 205-218. <https://doi.org/10.20937/ATM.2015.28.03.05>.

Contreras C.A., Plata M.S., Velásquez A.G. y Quevedo U.H. 2008. Determinación de la isla de calor urbano en Ciudad Juárez mediante programa de cómputo. *Culcyt* 5(26): 1-16. <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/index> (Consultado: 15 de julio 2022).

El Sol de México. 2022. Golpe de calor en México causa 15 muertes al año. <https://www.elsoldemexico.com.mx/metropoli/valle-de-mexico/golpe-de-calor-en-mexico-causa-15-muertes-al-ano-3676162.html>. (Consultado: 14 de julio 2022).

Fernández F. 2009. Ciudad y cambio climático: aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid. *Investigaciones Geográficas* 49: 51-63. <https://doi.org/10.14198/INGE02009-49.09>.

Flores de la O J.L., Villanueva-Solís J. y Quiroa-Herrera J.A. 2018. Evaluación de los efectos microclimáticos que tiene la vegetación en la mitigación de la isla de calor urbana. *Revista de*

- Ciencias Ambientales* 52(2): 123-140. <https://doi.org/10.15359/rca.52-2.7>.
- Fuentes C.A.** 2014. Islas de calor urbano en Tampico, México. Impacto del microclima a la calidad del hábitat. *Nova Scientia* 7(13): 495-515. <https://doi.org/10.21640/ns.v7i13.41>.
- Hernández B.J.M.** 2021. Más de 356, 000 muertes en 2019 estuvieron relacionadas con el calor. <https://elpais.com/mexico/> (Consultado: 14 de julio 2022).
- Manzanilla-Quñones U., Pozo-Montuy G., Delgado-Valerio P., Martínez-Sifuentes A.R. y Aguirre-Calderón O.A.** 2021. Escenarios climáticos (CMIP-5) para la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* (Núm. Esp. I): e2588. <https://doi.org/10.19136/era.a8nI.2588>.
- Mercado M.L. y Marincic L.I.** 2017. Morfología de isla de calor urbana en Hermosillo, Sonora y su aporte hacia una ciudad sustentable. *Revista Ciencias Biológicas y de la Salud* 19(3): 27-33. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v19i0.407>.
- Morales M.C.C., Madrigal U.D. y González B.L.A.** 2007. Isla de calor en Toluca, México. *Ciencia ergo sum* 14(3): 307-316. <https://ciencia-ergosum.uaemex.mx/index>. (Consultado: 14 de julio 2022).
- Navarro-Tec S., Orozco-del Castillo M.G., Valdiviezo-Navarro J.C., Ordaz-Bencomo D.R., Moreno-Sabido M.R. y Bernejo-Sabbagh C.** 2018. Análisis del crecimiento urbano y su relación con el incremento de temperaturas en la ciudad de Mérida utilizando imágenes satelitales. *Research in Computing Science* 147(7): 285-294.
- Romero D.S., Morales M.C.C. y Némiga X.A.** 2011. Identificación de las islas de calor de verano e invierno en la ciudad de Toluca, México. *Revista de Climatología* 11(2011): 1-10. (Consultado: 16 de julio 2022).
- Soltani A. y Sharifi E.** 2017. Daily variation of urban heat island effect and its correlations to urban greenery: A case study of Adelaide. *Frontiers of Architectural Research*, 6(4), 529-538. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.08.001>.
- Zavaleta-Palacios M., Díaz-Nigenda E., Vázquez-Morales W., Morales-Iglesias H. y Lima G.N.** 2020. Urbanización y su relación con la isla de calor en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 7(2): e2485. <https://doi.org/10.19136/era.a7n2.2485>.

Desde el Herbario CICY, 14: 178–186 (1-septiembre-2022), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano, Diego Angulo y Lilia Lorena Can Itzá. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 1 de septiembre de 2022. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.

Tabla 1. Ciudades más pobladas de México de acuerdo con los datos del último Censo de Población y Vivienda de INEGI 2020.

Estado	Ciudad	Población (Habitantes)	Cuenta con estudios sobre islas de calor urbanas
CDMX	Ciudad de México	9, 209, 944	Si
Baja California Norte	Tijuana	1, 810, 645	No
México	Ecatepec de Morelos	1, 643, 623	No
Guanajuato	León de los Aldama	1, 579, 803	No
Puebla	Puebla de Zaragoza	1, 542, 232	No
Chihuahua	Ciudad Juárez	1, 501, 551	Si
Jalisco	Guadalajara	1, 385, 621	Si
Jalisco	Zapopan	1, 257, 547	No
Nuevo León	Monterrey	1, 142, 952	Si
México	Nezahualcóyotl	1, 072, 676	No
Chihuahua	Chihuahua	925, 762	No
Yucatán	Mérida	921, 771	Si
Quintana Roo	Cancún	888, 797	No
Coahuila	Saltillo	864, 431	No
Aguascalientes	Aguascalientes	863, 893	No
Sonora	Hermosillo	855, 563	Si
Baja California Norte	Mexicali	854, 186	Si
San Luis Potosí	San Luis Potosí	845, 941	No
Sinaloa	Culiacán	808, 416	No
Querétaro	Santiago de Querétaro	794, 789	Si
México	Naucalpan de Juárez	776, 220	No
Michoacán	Morelia	743, 275	No
México	Chimalhuacán	703, 215	No
Tamaulipas	Reynosa	691, 557	No
Coahuila	Torreón	690, 193	Si
México	Tlalnepantla de Baz	685, 907	No
Guerrero	Acapulco de Juárez	658, 609	No
Jalisco	Tlaquepaque	650, 123	No
Nuevo León	Guadalupe	635, 862	No
Durango	Victoria de Durango	616, 068	No
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	578, 830	Si
Nuevo León	Apodaca	536, 436	No
México	Ciudad López Mateos	523, 065	No
México	Cuautitlán Izcalli	515, 353	No
Tamaulipas	Heroica Matamoros	510, 739	No
Nuevo León	General Escobedo	454, 967	No
Guanajuato	Irapuato	452, 090	No
Veracruz	Xalapa	443, 063	No
Jalisco	Tonalá	442, 440	No
Sinaloa	Mazatlán	441, 975	No
Tamaulipas	Nuevo Laredo	416, 975	No
Nuevo León	San Nicolás de los Garza	412, 199	No
Veracruz	Veracruz	405, 952	No
México	Ojo de Agua	386, 290	No
México	Xico	384, 327	No
Guanajuato	Celaya	378, 143	No
Nayarit	Tepic	371, 387	No
México	Ixtapaluca	368, 585	No
Morelos	Cuernavaca	341, 029	No
Tabasco	Villahermosa	340, 060	No

Tabla 2. Nombre de los autores, año y la metodología empleada en los trabajos publicados sobre el estudio de las islas de calor urbanas en México.

Autor	Título del estudio	Año de publicación	Datos usados
Carrillo	El efecto "isla de calor"	2005	Datos climáticos de estaciones meteorológicas
Morales <i>et al.</i>	Isla de calor en Toluca, México	2007	Datos climáticos de estaciones meteorológicas
García-Cueto <i>et al.</i>	Detection of the urban heat island in Mexicali, B.C., México and its relationship with land use	2007	Técnicas de percepción remota
Contreras <i>et al.</i>	Determinación de la isla de calor urbano en Ciudad Juárez mediante programa de cómputo	2008	Datos climáticos de estaciones meteorológicas
Romero <i>et al.</i>	Identificación de las islas de calor de verano e invierno en la ciudad de Toluca, México	2011	Datos climáticos de estaciones meteorológicas
Galindo-Bianconi y Victoria-Uribe	La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones, para el Valle de Toluca	2012	Vegetación
Villanueva-Solís <i>et al.</i>	Isla de calor Urbana: Modelación Dinámica y Evaluación de medidas de Mitigación en Ciudades de Clima árido Extremo	2013	Modelación dinámica
Fuentes	Islas de calor urbano en Tampico, México	2014	Datos climáticos de estaciones meteorológicas
Colunga <i>et al.</i>	The role of urban vegetation in temperature and heat island effects in Queretaro city, Mexico	2015	Datos climáticos de estaciones meteorológicas
Ballinas y Barradas	The urban trees as a tool to mitigate the urban heat island in Mexico City: A simple phenomenological model	2016	Datos climáticos de estaciones meteorológicas
Mercado y Marincic	Morfología de isla de calor urbana en Hermosillo, Sonora y su aporte hacia una ciudad sustentable	2017	Datos climáticos de estaciones meteorológicas
Salas-Esparza y Herrera-Sosa	La vegetación como sistema de control para las islas de calor urbano en Ciudad Juárez, Chihuahua	2017	Sensores térmicos
Flores de la O <i>et al.</i>	Evaluación de los efectos microclimáticos que tiene la vegetación en la mitigación de la isla de calor urbana	2018	Sensores térmicos
Navarro-Tec <i>et al.</i>	Análisis del crecimiento urbano y su relación con el incremento de temperaturas en la ciudad de Mérida utilizando imágenes satelitales	2018	Técnicas de percepción remota
Zavaleta-Palacios <i>et al.</i>	Urbanización y su relación con la isla de calor en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	2020	Datos climáticos de estaciones meteorológicas
Biles and Lemberg	A multi-scale Analysis of Urban Warming in Residential Areas of a Latin American City: The Case of Mérida, Mexico	2020	Técnicas de percepción remota
López <i>et al.</i>	Cobertura vegetal y la distribución de islas de calor/oasis urbanos en Hermosillo, Sonora	2021	Técnicas de percepción remota
Araiza-Olivares	La isla de calor en la Ciudad de México: Un análisis decadal (1950-2010)	2022	Datos climáticos de estaciones meteorológicas
Rivera <i>et al.</i>	Diurnal, monthly, and decadal Surface Urban Heat Island spatial and temporal trends in Monterrey, Mexico	2022	Técnicas de percepción remota