

## Alternativas de Innovación Sostenible para Reducir el Calor Urbano en Tabasco

Manuel Adolfo Custodio Barragán <sup>1</sup>, Iván Hernández Pérez <sup>2,\*</sup>, Isa Yadira Pérez Olán <sup>3</sup>, Luis Enrique Angeles Montero <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México.

<sup>2</sup> Profesor-Investigador de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México.

<sup>3</sup> Profesora-Investigadora en la División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México.

<sup>4</sup> Técnico Académico del Laboratorio de Mecatrónica, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México.

\* Autor de correspondencia: [ivan.hernandezp@ujat.mx](mailto:ivan.hernandezp@ujat.mx); Tel.: (+52) 9931184015.

### Artículo de divulgación científica

Recibido: 17 de abril de 2025    Aceptado: 5 de junio de 2025    Publicado: 26 de junio de 2025

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i1.440>

**Resumen:** El calor urbano es causado por diversos factores, entre los que se destacan la escasez de áreas verdes, actividades antropogénicas y el uso de materiales que absorben la radiación solar. Por consecuencia, el aire en las ciudades alcanza temperaturas mayores que los espacios naturales creando el efecto isla de calor urbana (ICU). Las temperaturas de las zonas urbanas de Tabasco, exacerbadas por la ICU, representan riesgos de salud y limitan actividades al aire libre. La ICU también contribuye a los apagones, que afectan negativamente la economía, la salud y la vida diaria. Este trabajo promueve dos estrategias para reducir la ICU. La primera consiste en incrementar la vegetación en zonas urbanas, dicha medida ofrece sombra y enfriamiento por evaporación. La segunda es utilizar materiales reflectivos en techos y avenidas. Los techos reflectivos y pavimentos fríos reflejan los rayos solares evitando considerablemente su conversión en calor alcanzando temperaturas menores que los materiales tradicionales.

**Palabras clave:** Isla de calor urbana, calor urbano, vegetación, apagones, superficies reflectivas.

### Introducción

En Tabasco, al igual que en el resto del territorio mexicano, el año 2024 se ha caracterizado por ser uno de los más calurosos de los últimos tiempos, prueba de ello se presenta en el estudio realizado por la Comisión Nacional del Agua el cual menciona que el municipio de Villahermosa mismo que alberga a la capital del estado, en mayo del año pasado se obtuvo un récord histórico de temperatura ambiental de 48 °C superando dos veces el registro de la temperatura ambiental máxima alcanzada de 44 °C en 1986 (Ravelo, 2024). Lo anterior genera el riesgo que, por realizar actividades al aire libre en condiciones de temperatura muy alta se afronten consecuencias negativas por la exposición a dicho ambiente, convirtiendo esto en una limitante social para realizar actividades deportivas, de recreación, laborales y demás.

La exposición prolongada a una sensación térmica por encima de los 40 °C genera en el cuerpo humano deshidratación y disminución de la capacidad para sudar (Rincón Martínez *et al.*, 2023). A medida que aumenta la temperatura del cuerpo, las proteínas y las membranas que rodean las células, especialmente en el cerebro, comienzan a fallar. Los órganos funcionan mal y los músculos del corazón comienzan a descomponerse, esto puede estresar al cuerpo hasta provocar enfermedades o incluso la muerte (Piñeiro Sande *et al.*, 2004). Cuando la temperatura ambiente aumenta dramáticamente a un nivel extremo, el proceso normal de termorregulación del cuerpo podría verse interrumpido y entonces aumentar la carga sobre el sistema cardiovascular.

Las altas temperaturas pueden aumentar los riesgos de mortalidad y morbilidad, especialmente en los grupos vulnerables como los niños, ancianos, mujeres embarazadas y personas con enfermedades crónicas (Moon, 2021). Factores como la edad y la salud en general, pueden desempeñar un papel importante en cómo el cuerpo reacciona ante una ola de calor, es decir, el nivel de afectación por altas temperaturas puede impactar en diferente medida a unos y a otros. Si bien el calentamiento global es el elemento subyacente que explica por qué lugares como Tabasco continúan calentándose, algo conocido como la isla de calor urbana (ICU) está calentando a las ciudades a un ritmo mucho más rápido que el promedio mundial, este fenómeno se hace presente en los asentamientos donde la presencia de condiciones y materiales son susceptibles a generar altas temperaturas.

## Desarrollo

### Factores principales que causan una isla de calor urbana (ICU)

Son tres los factores principales que causan la existencia de una ICU. El primer factor es los equipos de aire acondicionado (AC) que se usan para para acondicionar la temperatura en casas, oficinas, supermercados, plazas comerciales y otros recintos. Estos equipos remueven el calor desde el interior de estos espacios y lo expulsan hacia el exterior. El calor es absorbido por el aire en el ambiente, y en lugares urbanizados donde muchas edificaciones cuentan con equipos de AC estos contribuyen al incremento de temperatura del aire en las ciudades.

El segundo factor es la presencia de pavimento, asfalto o concreto usados en las diferentes construcciones y avenidas. Estos tienen propiedades diferentes a las de un paisaje natural porque absorben considerablemente la energía solar, se calientan, almacenan y emiten energía en forma de calor de una forma diferente que los materiales naturales.

El tercer factor se presenta debido a la geometría de los edificios y su configuración dentro de una ciudad, estos atrapan y almacenan el calor y lo emiten lentamente hacia al medio ambiente. En la Figura 1 se muestra un ejemplo comparativo entre las zonas urbanas y las zonas rurales de la Ciudad de México donde se observa que existen diferencias de temperatura de hasta 4°C entre una zona y otra en determinada hora del día (CEPAL, 2013).

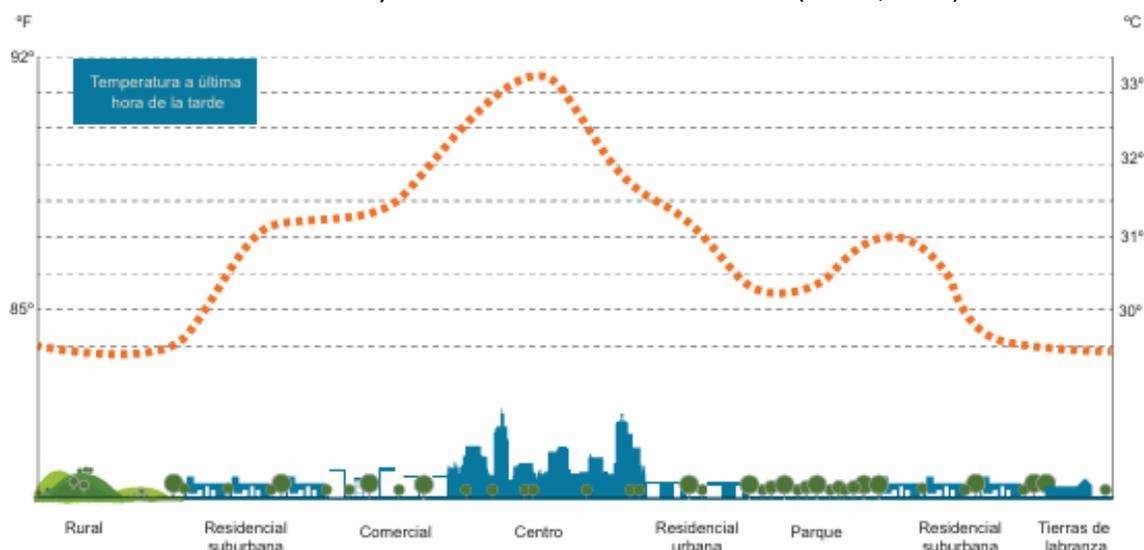


Figura 1. Temperaturas de las diferentes zonas a última hora de la tarde (CEPAL, 2013).

### Apagones

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) institución pública encargada de la administración de la energía eléctrica en México, informó que en Tabasco se presentaron un total de 7,292 apagones en la primera mitad de 2023 (Bautista Villegas, 2023). Entendemos como apagones a la suspensión súbita del servicio de provisión de energía eléctrica, y si bien, algunos de ellos son ocasionados por razones como averías a las líneas de distribución por accidentes automovilísticos, caída de árboles y ramas, o por situaciones similares, los apagones también se han presentado en la temporada cuando la temperatura ambiente es más elevada.

Al incrementarse la temperatura del medio ambiente, las personas disminuyen la temperatura de su equipo de aire acondicionado; entonces, si una cantidad importante de usuarios realiza esta acción, se ejercerá más presión sobre la red eléctrica y esto la hace susceptible a fallas en la infraestructura. En ese contexto, mientras mayor sea la población de una ciudad, mayor será la frecuencia de los apagones.

Haciendo referencia al periodo antes citado, en el municipio de Villahermosa (683,607 habitantes) se presentaron más de 2400 apagones, en Cárdenas (243,229 habitantes) 1000, en Comalcalco (214,877 habitantes) 625, mientras que en los municipios como Jalapa (37,749 habitantes) y Jonuta (30,798 habitantes) (INEGI, 2020) sólo se presentaron 76 y 62,

respectivamente (Bautista Villegas, 2023). Los apagones pueden traer consecuencias negativas como, fallas en aparatos electrodomésticos, pánico o estrés en las personas al cuestionarse sobre la duración de cada apagón, pérdidas económicas debido a la exposición de un cambio de temperatura en productos dentro del hogar o comercios, paro de actividades laborales, escolares o económicas por falta de energía eléctrica, situación de riesgos en la salud por depender la calidad de ella a la provisión de este servicio, entre otras consecuencias. Incluso en Tabasco, debido a apagones que han durado días o semanas, los ciudadanos han tomado medidas como realizar bloqueos a avenidas o carreteras como llamada de atención para las autoridades, afectando a terceros y generando así otro problema.

### Estrategias para reducir la ICU

Ante la problemática que es generalizada y apremiante de atender, existen diferentes acciones que ayudan a reducir el efecto ICU y algunas son relativamente simples de realizar, como incrementar la vegetación o áreas verdes y reducir el uso de materiales que absorben en exceso la radiación solar.

### Vegetación

Los árboles y la vegetación son componentes esenciales para conservar a una ciudad en buenas condiciones. Ambos proporcionan numerosos beneficios que incluyen la reducción de la contaminación del aire, la disminución de la escorrentía de aguas pluviales e incluso producen ciertos beneficios psicológicos a las personas. Se ha demostrado que la exposición a la naturaleza proporciona beneficios significativos para la salud mental (Keijzer, 2020). Además de esos beneficios, los árboles y la vegetación son una medida importante para mitigar el calor urbano (Figura 2), esto debido al efecto de sombra que se obtiene de ellos y a su vez proporcionan un efecto de enfriamiento por evaporación. La vegetación puede estar en la calle y presentarse en forma de arbustos o árboles, generando así un dosel arboleo que ofrece sombra a quienes transiten por ella. Los resultados presentados por Wang *et al.* (2018) muestran que, en promedio, la temperatura media del aire cerca de la superficie en las áreas urbanas disminuye 3°C con el efecto de sombreado. La vegetación también puede adherirse a las fachadas de los edificios, sistema conocido como fachadas vegetales e incluso se puede instalar en un techo si se diseña adecuadamente un edificio para generar una azotea verde o techo vegetativo. Estos sistemas pueden proporcionar un hábitat para la biodiversidad local, promover la polinización y hasta una oportunidad para la agricultura urbana. Si se implementa de manera masiva, la vegetación no solo ayudaría a reducir la temperatura del aire en una ciudad, también favorecería al ahorro de energía eléctrica, ya que está comprobado que un edificio con una fachada o techo vegetal puede consumir hasta 11% menos energía eléctrica que un edificio que no los tiene (Ascione *et al.*, 2013).

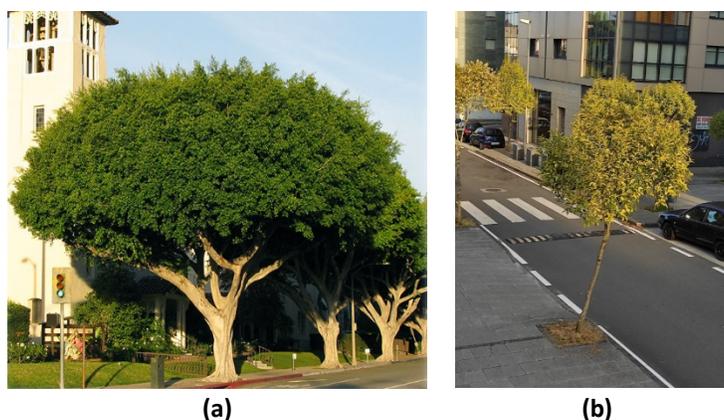


Figura 2. Árboles y vegetación en zonas urbanas:  
 (a) El *ficus elástica* sirve como fuente de sombra en zonas urbanas y  
 (b) *Ligustrum lucidum*, el cual ayuda a enfriar el aire en una ciudad por su capacidad transpiratoria. (Barradas, 2013)

### Techos reflectivos

Los techos reflectivos o techos fríos son superficies altamente reflejantes que, como su nombre lo indica, reflejan o rechazan los rayos solares, de esta manera se evita que el techo los absorba y que se conviertan en calor (Figura 3). Transformar un techo convencional en reflectivo es relativamente simple, se puede realizar aplicando un revestimiento o impermeabilizante reflectivo blanco sobre la superficie exterior del techo. La reflectancia solar y emisividad térmica son propiedades que determinan la efectividad de un techo frío, ya que, con estas se puede medir su capacidad para reflejar la energía solar y para emitir radiación térmica.

Si se desea contribuir al enfriamiento de los edificios y las ciudades, los techos fríos son mucho más efectivos en lugares con climas cálidos que los techos convencionales de tonos oscuros. Es decir, los techos reflectivos mantienen temperaturas superficiales menores que los techos convencionales bajo las mismas condiciones medioambientales. (Hernández-Pérez, 2021) analizó el comportamiento térmico de techos de concreto con diferentes tipos de revestimientos en la ciudad de Villahermosa, Tabasco. En ese trabajo se demuestra que un techo con un revestimiento blanco reflectivo alcanzó una temperatura exterior máxima de 36°C en verano mientras que un techo gris y un techo terracota convencionales alcanzaron temperaturas de 50°C y 52°C, respectivamente.



Figura 3. Techo reflectivo. Fuente propia.

Si se mantiene la superficie de un techo con una temperatura menor usando un revestimiento blanco, la transferencia de calor hacia el interior de una edificación se reduce brindando beneficios como ahorros de energía eléctrica y mejoras en el confort térmico. Además, si los revestimientos se instalan en todos los techos de los edificios de una ciudad ayudarían a moderar el efecto ICU. Simulaciones hechas para varias ciudades de Estados Unidos de América han mostrado que la instalación de revestimientos reflectivos en los techos de toda una ciudad, junto con la plantación de árboles, podrían en promedio reducir la temperatura del aire ambiente de 2°C a 4°C durante los meses de verano (Akbari *et al.*, 2001). Otro beneficio de la utilización masiva de los techos reflectivos se presenta en la investigación desarrollada por Heaviside & Macintyre (2019) donde se concluyó que los techos fríos podrían reducir la mortalidad relacionada con el calor asociada con el efecto ICU en un 25 % durante una ola de calor. Entonces, los techos reflectivos pueden ser importantes incluso para salvar vidas.

### *Pavimentos fríos*

En el proceso de encontrar alternativas y soluciones para reducir el calentamiento de las avenidas en las ciudades, un equipo de científicos del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) realizaron investigaciones y llegaron a la conclusión de que alrededor del 40% de las zonas urbanas estadounidenses están ocupadas por avenidas, por lo que se centraron en el tema de “pavimentos fríos” (Figura 4), estos se componen de materiales que pueden ayudar a reducir la emisión de calor, ya que reflejan y emiten más energía que los pavimentos tradicionales. Dicha tecnología propone disminuir el calor que es transferido por las avenidas y reflejar la radiación solar, de tal manera que, la temperatura del aire cercano a las avenidas sea menor que los casos donde se utilicen pavimentos convencionales (Zimbrón, 2021). Según los resultados del MIT, el uso de pavimentos fríos reduce la temperatura del aire entre 2.1°C y 1.7°C de acuerdo con las pruebas realizadas en Boston y Phoenix (Fernández, 2021).



Figura 4. Los pavimentos fríos pueden reducir el calor de las ciudades. Beachy Avenue fue pintada, como parte de un proyecto piloto para probar un pavimento frío (Ayuntamiento de Los Angeles).

En Tabasco, la aplicación de pavimentos fríos, techos reflectivos y vegetación podría mejorar las condiciones en las áreas urbanas de la entidad (Figura 5) ya que beneficiaría a la reducción de la ICU. Esto se lograría aplicándolos principalmente en los lugares donde las temperaturas del aire urbano rebasan a las temperaturas más altas registradas.

De acuerdo con los medios de información, el Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad registró que en la ciudad de Villahermosa existen por lo menos cinco islas de calor urbanas (Ciudad Industrial, Altabrisa, Parque Tabasco, Plaza Cristal y Europlaza).



Figura 5. Área urbana de la ciudad de Villahermosa. Fuente: Javier Chávez. El heraldo de Tabasco.

## Conclusiones

Ante la realidad del calentamiento global como una condición generalizada en el planeta y las islas urbanas de calor que se presentan en lugares específicos, es imperativo que las acciones para revertir sus efectos o disminuir sus causas sean inmediatas. Las acciones pueden ser iniciativas particulares o colectivas, primarias o integrales, pero todas ellas encaminadas a disminuir las altas temperaturas que se han tornado peligrosas para la subsistencia de los seres vivientes. Si bien, existen iniciativas que abarcan grandes proyectos, es importante considerar que la suma de pequeños esfuerzos abona a que un cambio de mayor impacto se gesté en el corto o mediano plazo.

Destinar recursos como tiempo y espacio para dotar de vegetación a un área ya sea en casa o localidad, así como invertir en la habilitación de superficies impermeables, son estrategias que indican conciencia de la realidad y a la vez búsqueda para transformar esa realidad. Disminuir los efectos de una isla de calor urbana debe iniciar por conocer que existen y que son originados como consecuencia de la urbanización de los espacios. Si bien, la presencia de población y de edificaciones aumenta, esto no debe ser indicador para que la temperatura del lugar se eleve sin procurar un control en ella.

Mientras los científicos, activistas y funcionarios se esfuerzan por encontrar soluciones para vivir en un planeta en constante calentamiento, las estrategias aquí presentadas en pro de controlar las altas temperaturas quedan como una opción que se puede emprender de forma individual o colectiva como iniciativas de responsabilidad social en las áreas del territorio tabasqueño con presencia de islas urbanas de calor.

## Bibliografía

- Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 295-310. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X)
- Ascione, F., Bianco, N., de' Rossi, F., Turni, G., & Vanoli, G. P. (2013). Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning?. *Applied Energy*, 104, 845-859. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.068>

- Barradas, V. L. (2013). La isla de calor urbana y la vegetación arbórea. *Oikos*, 7, 16-19.
- Bautista Villegas, F. (2023). *Más de 7 mil apagones en Tabasco sólo en primer semestre del 2023: CFE*. XeVT. <https://www.xevt.com/primeraplana/mas-de-7-mil-apagones-en-tabasco-solo-en-primer-semester-del-2023-cfe/285671>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2013). *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*. Naciones Unidas, Santiago de Chile: Inter-American Institute. IAI. <https://www.cepal.org/en/node/21153>
- Fernández, D. (2021). *Pavimento frío podría combatir el cambio climático*. El Sol de Toluca, 1-6. <https://oem.com.mx/elsoldetoluca/finanzas/pavimento-frio-podria-combatir-el-cambio-climatico-14756762>
- Global Cool Cities Alliance (GCCA). (2012). *A Practical Guide to Cool Roofs and Cool Pavements*. Cool roof tool kit, 8-15. [https://www.coolroof toolkit.org/wp-content/pdfs/CoolRoofToolkit\\_Full.pdf](https://www.coolroof toolkit.org/wp-content/pdfs/CoolRoofToolkit_Full.pdf)
- Heavyside, C., & Macintyre, H. (2019). Potential benefits of cool roofs in reducing heat-related mortality during heatwaves in a European city. *Environment International*, 430-441. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.065>
- Hernández-Pérez, I. (2021). Influence of Traditional and Solar Reflective Coatings on the Heat Transfer of Building Roofs in Mexico. *Applied Sciences*, 3263. <https://doi.org/10.3390/app11073263>
- INEGI (2020). *Censo de población y vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Keijzer, C. S. (2020). *Espacios verdes: un recurso para la salud mental*. Instituto de Salud Global Barcelona. <https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/espacios-verdes-un-recurso-para-la-salud-mental/6113078/0#:~:text=Una%20mayor%20disponibilidad%20y%20acceso,de%20prestar%20atenci%C3%B3n%20y%20concentrarse>
- Moon, J. (2021). The effect of the heatwave on the morbidity and mortality of diabetes patients; a meta-analysis for the era of the climate crisis. *Environmental Research*, 195, 110762. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110762>
- Piñeiro Sande, N., Marín Melgar, J. L., Alemparte Pardivila, E., & Rodríguez García, J. C. (2004). Golpe de calor. *Emergencias*, 16, 116-125. <https://revistaemergencias.org/numeros-anteriores/volumen-16/numero-3/golpe-de-calor/>
- Ravelo, C. (2024). *Calor rompió récord histórico de mayo en Tabasco*. El Heraldo de Tabasco. <https://oem.com.mx/elheraldodetabasco/local/cuando-fue-el-dia-mas-caluroso-de-mayo-en-tabasco-13119402>
- Rincón-Martínez J. C., García-Gómez C., & González-Trevizo M. E. (2022). Estimación del rango de confort higrotérmico para exteriores en dos bioclimas extremos de México. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 23 (02), 01-14. <https://doi.org/10.22201/ifi.25940732e.2022.23.2.014>
- Wang, C., Wang, Z. H., & Yang, J. (2018). Cooling effect of urban trees on the built environment of contiguous United States. *Earth's Future*, 6(8), 1066-1081. <https://doi.org/10.1029/2018EF000891>
- Zimbrón, A. (2021). *Pavimento frío, material de construcción que podría combatir el cambio climático*. NOTIPRESS. <https://notipress.mx/tecnologia/pavimento-frio-material-construccion-podria-combatir-cambio-climatico-8358>