



UJAT

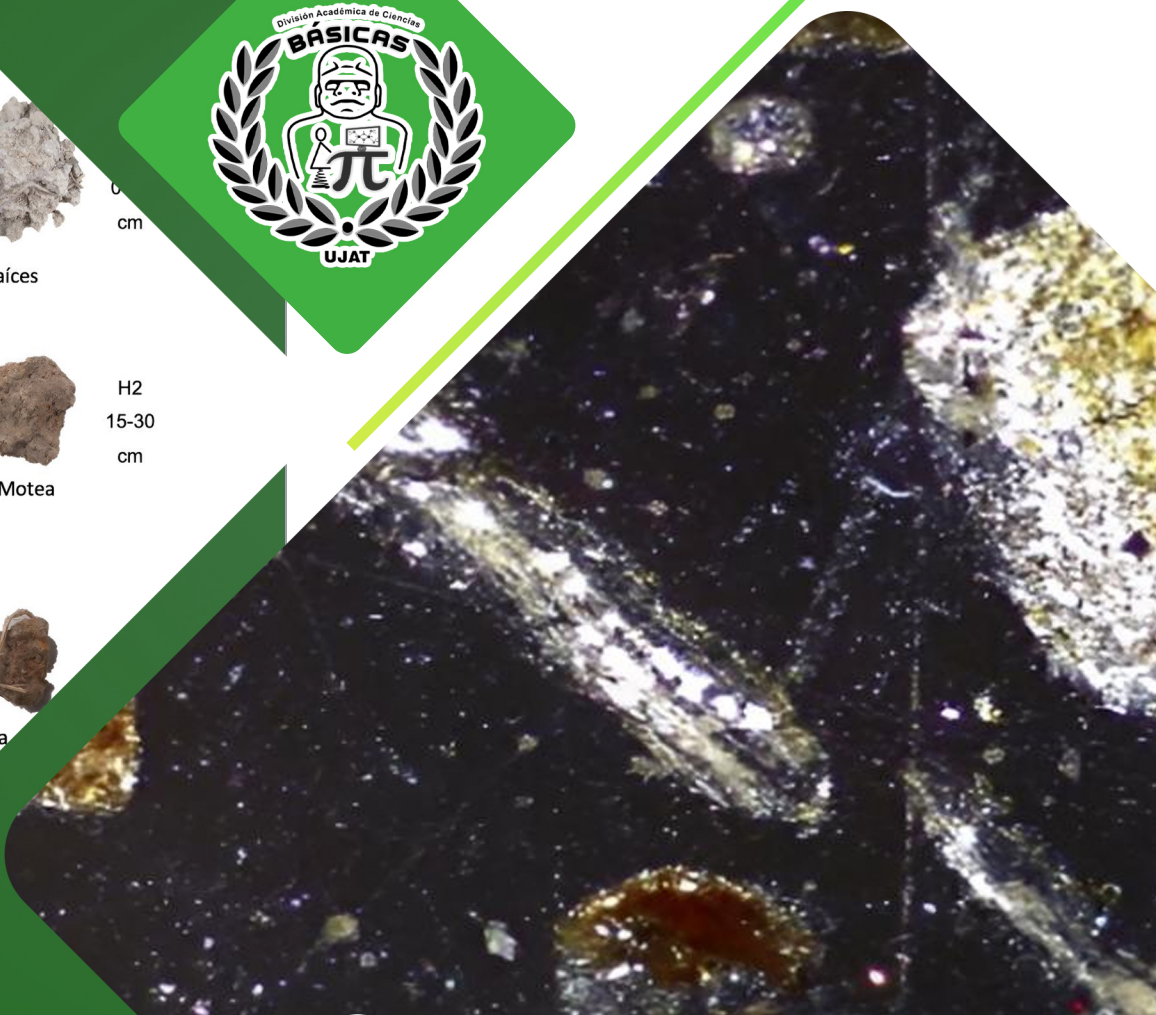
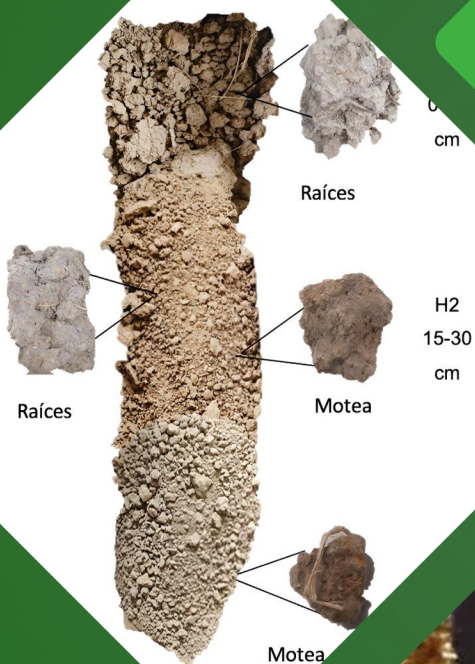
UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

JOB π S

Journal of Basic Sciences

DACB • UJAT



Nos complace presentar el número 31 del Journal of Basic Sciences, con un conjunto de investigaciones sobre diversas problemáticas ambientales, geocientíficas y tecnológicas, presentes tanto en el estado de Tabasco como en otras regiones del país. A lo largo de las temáticas abordadas en este número, se reflejan los desafíos que generan las actividades humanas sobre el medio ambiente, así como la necesidad de generar soluciones sustentables a partir del conocimiento que se genera en las ciencias básicas y que es aplicado en el desarrollo de tecnologías. El enfoque multi e interdisciplinario característico de esta revista, se refleja al integrar elementos de la química, la física aplicada y las matemáticas, hacia áreas tan diversas como la geografía, la geología, las ciencias ambientales o la biotecnología; ofreciendo un panorama del estado actual de problemáticas específicas y proponiendo al mismo tiempo rutas de acción viables desde una perspectiva técnica, económica y ambiental.

En primer término, se presenta un estudio enfocado a las islas de calor urbano en Villahermosa, Tabasco, en donde a partir de un crecimiento urbano desordenado y la reducción de la cobertura vegetal se han intensificado significativamente las temperaturas locales. Esta situación pone de manifiesto la importancia de incorporar criterios de planificación ecológica en el desarrollo urbano. Por otro lado, se incluye también una evaluación geoquímica de sedimentos lacustres en regiones de San Luis Potosí y Zacatecas, con el objetivo de identificar la concentración y el comportamiento de elementos de tierras raras, con este estudio se aportan datos importantes que permiten entender la evolución geológica de los depósitos sedimentarios analizados, lo que lleva a valorar el potencial económico que representan.

De la misma forma, se presentan dos estudios vinculados a la problemática ambiental generada por la industria petrolera en el estado de Tabasco. Por un lado, se realizó una revisión sistemática de técnicas de remediación contaminados con hidrocarburos, con la finalidad de evaluar su aplicabilidad en función de factores tales como el tipo de suelo, el equipo requerido y la viabilidad. Por otro lado, se exponen los resultados de un estudio realizado en Nacajuca, Tabasco, cuya finalidad fue establecer las alteraciones en el suelo a causa de la contaminación por hidrocarburos, identificando efectos negativos en composición química, estructura y fertilidad.

Así mismo, se incluye una propuesta para aprovechar subproductos agroindustriales generados en Tabasco, implementándolos en procesos de biorremediación, con la finalidad de transformar residuos en insumos útiles para el desarrollo de prácticas sostenibles, con un enfoque de economía circular. Finalmente, se presenta una contribución encaminada a analizar un sistema de celda conectada a un convertidor, desde la perspectiva de la estabilidad energética. Mediante técnicas de control basadas en pasividad, se logra mejorar el rendimiento y comportamiento dinámico del sistema, encaminado a mejorar el desarrollo de tecnologías más limpias y eficientes.

En conjunto, las contribuciones incluidas en este número son una muestra de los distintos esfuerzos encaminados a enfrentar los retos ambientales y tecnológicos actuales, mediante el uso del conocimiento científico y la innovación aplicada, ampliando el entendimiento de fenómenos complejos e impulsando la búsqueda de soluciones prácticas y sostenibles

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Lic. Guillermo Narváez Osorio.
Rector

Dr. Luis Manuel Hernández Govea.
Secretario de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez.
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Dr. Pablo Marín Olán. Director de Difusión,
Divulgación Científica y Tecnológica

Directorio Divisional División Académica de Ciencias Básicas

Dra. Hermicenda Pérez Vidal.
Directora

Dr. Luis Manuel Martínez González.
Coordinador de Investigación

M.C. Abel Cortazar May.
Coordinador de Docencia

L.Q. Esmeralda León Ramos.
Coordinador de Difusión Cultural y Extensión

CONSEJO EDITORIAL

- **Dr. Carlos Ernesto Lobato García.** Editor en Jefe. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0003-3734-7780>
- **Dr. Adib Abiu Silahua Pavón.** Gestor Editorial. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0001-5344-1430>

COMITÉ EDITORIAL

- **Mtra. Claudia Gisela Vázquez Cruz.** Editora Asociada. Actuaría. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0009-0002-1791-5621>
- **Mtra. María Hortensia Almaguer Cantú.** Editora Asociada. Ciencias de la Computación. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0009-0007-7839-9014>
- **Dr. José Arnold González Garrido.** Editor Asociado. Ciencias Farmacéuticas. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0003-1135-4050>
- **Dr. José Luis Benítez Benítez.** Editor Asociado. Física. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0009-0000-0561-5029>
- **Mtro. Guillermo Chávez Hernández.** Editor Asociado. Geofísica. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0002-3555-9678>
- **Dra. Addy Margarita Bolívar Cimé.** Editora Asociada. Matemáticas. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0002-7342-0888>
- **Dra. Nancy Romero Ceronio.** Editora Asociada. Química. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0001-8169-3811>

JOURNAL OF BASIC SCIENCES, Vol. 11, Núm. 31, agosto de 2025, es una publicación continua cuatrimestral, editada por la División Académica de Ciencias Básicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, C.P. 86040, Villahermosa Tabasco, México. Tel. (+52) (933) 358 1500 Ext. 5040. <https://revistas.ujat.mx/index.php/jobs>. Editor Responsable de la Revista: Carlos Ernesto Lobato García. Reserva de derechos al uso exclusivo 04-2015-052110084000-203, ISSN: 2448-4997, ambos otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Centro, Tabasco. C.P. 86040. Fecha de última actualización, 30 de enero de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación y de esta Casa Editora.

Las publicaciones respaldadas con el sello editorial de la UJAT no podrán utilizarse para entrenar modelos de IA generativa, a menos de que haya una declaración expresa, tanto de la Universidad como de los autores y/o herederos.

CONTENIDO

	Pág.
Islas de Calor Superficial Urbano en México: Caso de estudio, Villahermosa, Tabasco	1-8
Evaluación de Tierras Raras en sedimentos lacustres, Mesa Central Norte entre San Luis Potosí y Zacatecas, México	9-17
Factibilidad de los diversos tratamientos para derrames de hidrocarburos en suelos en el Estado de Tabasco	18-35
Análisis geoquímico de acumulación de hidrocarburos en suelos de Tucta, Nacajuca	36-51
Valor agregado a residuos agroindustriales como alternativa en la biorremediación de suelos	52-61
Efecto de un control basado en pasividad en un sistema celda-converter	62-75

Islas de Calor Superficial Urbano en México: Caso de estudio, Villahermosa, Tabasco

Ramos-Zúñiga, L. G.¹ , Gómez-Arredondo, C. M.^{2*} 

¹Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT)

*luis.ramoszg@uanl.edu.mx

Resumen

La urbanización transforma el entorno natural en estructuras artificiales, como edificios y carreteras, que almacenan y liberan calor, incrementando las temperaturas urbanas hasta 11 °C más que en áreas rurales. Este fenómeno, llamado Isla de Calor Urbano (ICU), resulta de cambios en la cobertura del suelo que alteran la radiación y el enfriamiento por evaporación. En México, estudios han mostrado que la alta densidad urbana y la falta de áreas verdes intensifican las ICU, elevando la demanda energética, especialmente en ciudades tropicales costeras como Villahermosa, Tabasco. Esta ciudad es vulnerable al cambio climático debido al crecimiento urbano acelerado y la disminución de vegetación. Zonas como Guayabal y Ciudad Industrial registran las temperaturas más altas por su infraestructura y densidad poblacional. Mitigar las ICU requiere conservar áreas verdes, cuerpos de agua y limitar superficies asfaltadas para reducir el calor urbano y mejorar la calidad ambiental.

Palabras claves: *Islas de calor urbano, Villahermosa, Google Earth Engine*

Abstract

Urbanization replaces natural environments with artificial structures like buildings and roads, using materials such as asphalt and concrete that store and release heat, raising urban temperatures by up to 11°C compared to rural areas. This Urban Heat Island (UHI) effect stems from land cover changes that disrupt radiation balance and evaporative cooling. In Mexico, research using observations, weather stations, and satellite imagery highlights that high urban density and scarce green spaces intensify UHI impacts, increasing energy demands, particularly in tropical coastal cities like Villahermosa, Tabasco. Villahermosa faces heightened vulnerability to climate change and rising temperatures due to rapid urban expansion and vegetation loss. Neighborhoods such as Guayabal and Ciudad Industrial record the highest temperatures due to dense infrastructure. While urbanization has improved services, it has also exacerbated energy consumption and heat levels. Addressing UHI requires preserving green spaces, protecting water bodies, and reducing asphalted areas to improve environmental quality.

Keywords: *Urban Heat Islands, Villahermosa, Google Earth Engine*

Recibido: 14 de diciembre de 2024, Aceptado: 05 de junio de 2025, Publicado: 22 de agosto de 2025

1. Introducción

Acondicionar una zona y prepararla para uso ciudadano, es un proceso conocido como urbanización, esto implica la transformación de fenómenos naturales en estructuras antropogénicas, las cuales incluyen edificios, carreteras y estacionamientos. Cabe destacar que ciertas sustancias como el asfalto, concreto y ladrillos poseen gran capacidad térmica. Estas sustancias almacenan calor durante las horas diurnas y lo liberan gradualmente durante el período nocturno, lo que incrementa los niveles de temperatura en los entornos urbanos. Este efecto suele ser de hasta 20 grados Fahrenheit (aproximadamente 11 grados Celsius), lo que es más alto que las temperaturas en zonas rurales (Greenberg, 2023; Simon and Simon, 2024; Figura 1). Estos cambios en la cubierta del terreno pueden modificar las características de la superficie terrestre, estas modificaciones incluyen variaciones en el grado de radiación que es reflejado y absorbido por la superficie, así como los mecanismos por los cuales el calor es liberado de la superficie, por ejemplo, destruir la vegetación para urbanizar una zona disminuye el enfriamiento por evaporación. Estas alteraciones en la superficie pueden tener grandes implicaciones en las condiciones climática y meteorológicas (Kalnay and Cai 2003).

El efecto de isla de calor urbano (ICU) se refiere al fenómeno en el que las áreas urbanas registran temperaturas más altas en comparación con su entorno rural o superficies no urbanizadas equivalentes (Arnfield 2003; Qian et al. 2022). Este fenómeno ha sido reconocido durante casi dos siglos, con su primera documentación realizada por Howard (1833).

En México, el estudio de las ICU ha realizado mediante observaciones directas, estaciones climatológicas e imágenes satelitales (MODIS, Landsat, Sentinel). Se ha comprobado que la alta densidad urbana y la escasez de áreas verdes intensifican las ICU, aumentando el consumo de energía en sistemas de enfriamiento, especialmente en ciudades tropicales costeras, como es el caso de Tabasco, en México.

La ciudad de Villahermosa se destaca como una de las ciudades más vulnerables frente a los escenarios de cambio climático, particularmente en lo que respecta al aumento de las temperaturas. Uno de los primeros trabajos documentados sobre este fenómeno fue Ángulo-Córdova (1998), usando un vehículo instrumentado que media la humedad y temperatura relativa en distintos puntos de la ciudad creando un mapa de islíneas; Cervantes et al. (2000), quienes realizaron mediciones puntuales de temperatura y humedad relativa, identificando una estrecha correlación entre la distribución térmica y la configuración urbana. Sosa-Olivier et al. (2018) realizaron un estudio piloto enfocado en evaluar la contribución del tránsito vehicular al efecto de las ICU en la ciudad. Jacome (2024), basó su estudio en imágenes satelitales.

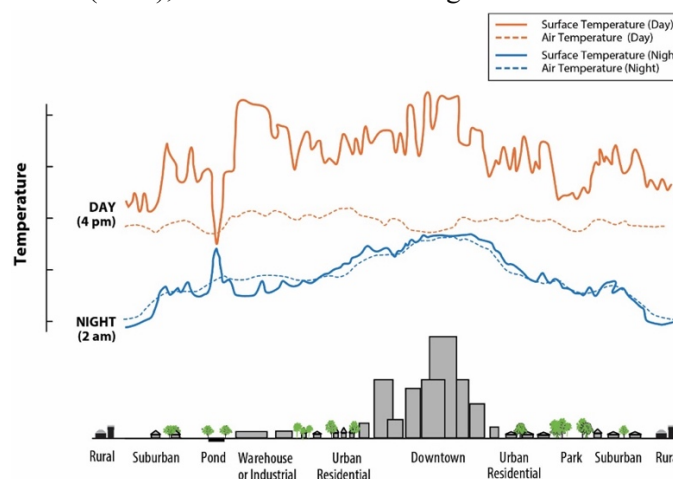


Figura 1. Líneas que muestra el cambio en los valores de temperatura superficial y de temperatura del aire a lo largo de 24 horas (EPA, 2024).

1.1 Causas de las ICU

Las ICU son causadas por diversos factores, como los cambios en el uso del suelo, el calor antropogénico y la geometría urbana. La urbanización reemplaza la vegetación con materiales que retienen el calor, como el concreto y el asfalto, mientras que las superficies impermeables limitan la refrigeración a través de la evaporación. Las actividades humanas, como las emisiones de vehículos, los procesos industriales y el consumo de energía en edificios, generan calor adicional, agravado por el calor residual de los sistemas de aire acondicionado y calefacción. El diseño de las áreas urbanas, con edificios densos y altos, crea cañones urbanos que atrapan el calor y evitan su disipación, intensificando aún más el efecto de las ICU.

1.2 Causas de las ICU

En las zonas urbanas, las temperaturas pueden ser de 2 a 5 grados Fahrenheit más altas que en las áreas rurales circundantes, con diferencias más marcadas durante el verano, lo que afecta el sueño y la salud, especialmente en la noche. A nivel ambiental, las ICU favorecen la formación de ozono a nivel del suelo, deteriorando la calidad del aire y aumentando los problemas respiratorios, mientras que el incremento en la demanda de aire acondicionado genera un mayor consumo energético y presión sobre las redes eléctricas. En cuanto a la salud, la exposición prolongada al calor puede provocar enfermedades como agotamiento por calor y golpes de calor, afectando principalmente a las poblaciones vulnerables como ancianos, niños y personas con condiciones de salud preexistentes.

1.2 Estrategias y mitigación

Las estrategias para mitigar las ICU incluyen medidas de planificación urbana, materiales sostenibles y participación comunitaria. En el diseño urbano, el uso de techos y paredes verdes, así como la creación de parques y áreas forestales, ayuda a enfriar las ciudades y mejorar la calidad del aire. El empleo de pavimentos frescos, techos reflectantes y superficies permeables reduce las temperaturas al reflejar la luz solar y permitir la infiltración de agua, promoviendo la evaporación. En el ámbito político y social, los gobiernos pueden incentivar proyectos de infraestructura verde mediante beneficios fiscales y campañas de sensibilización para educar a la población sobre las ICU, fomentando acciones colectivas para reducir su impacto.

2. Metodología

El análisis de las ICU se llevó a cabo mediante el uso de técnicas de teledetección y computo en la nube mediante la plataforma Google Earth Engine (GEE), primero se realizó la adquisición de datos Satelitales, donde se utilizaron imágenes satelitales provenientes de sensores térmicos como Landsat ya que tienen una resolución nativa mucho más fina (entre 60 m y 120 m, dependiendo del satélite) que los satélites MODIS (1km) para obtener datos de temperatura superficial (LST) en áreas urbanas y rurales. Adicionalmente, se recopilaron datos multiespectrales e hiperspectrales para clasificar la cobertura del suelo (vegetación, cuerpos de agua y áreas urbanizadas). El periodo temporal por analizar corresponde al verano para los últimos 5 años (2019-09-01 al 2024-09-01)

En el procesamiento y análisis de datos, los datos térmicos se procesaron para generar mapas de temperatura superficial, identificando áreas con mayor intensidad térmica asociadas a la urbanización.

Simultáneamente, se realizó una clasificación de la cobertura del suelo para evaluar su relación con las variaciones de temperatura.

Con el uso de GEE los mapas de temperatura se integraron con SIG, en la nube, para superponer datos demográficos e infraestructura urbana. Esto permitió identificar áreas vulnerables y poblaciones afectadas. Esta metodología combinó herramientas avanzadas de teledetección y procesamiento en la nube para proporcionar una evaluación integral de las ICU, orientada al diseño de estrategias de mitigación y planificación urbana sostenible.

3. Resultados

El mayor aumento de las temperaturas en Villahermosa se identificó hacia el sureste de la ciudad (Figura 2), particularmente en la zona de Guayabal, coincidiendo con áreas de alta densidad poblacional. En los últimos años, Guayabal ha experimentado un crecimiento urbano significativo, con mejoras en servicios básicos como electricidad, agua potable y caminos, lo que ha mejorado la calidad de vida de sus habitantes; sin embargo, este desarrollo ha incrementado la demanda de servicios y la expansión de infraestructura, contribuyendo al aumento de temperaturas locales. De manera similar, la localidad de Ciudad Industrial, al norte de la ciudad, también destaca por su alta densidad poblacional y sus efectos asociados. Por otro lado, Atasta de Serra se identifica como una de las zonas más vulnerables de Villahermosa, reflejando los desafíos del crecimiento urbano en un contexto de clima tropical con alta humedad, frecuentemente entre el 70% y el 90%, lo que intensifica la sensación térmica en toda la ciudad

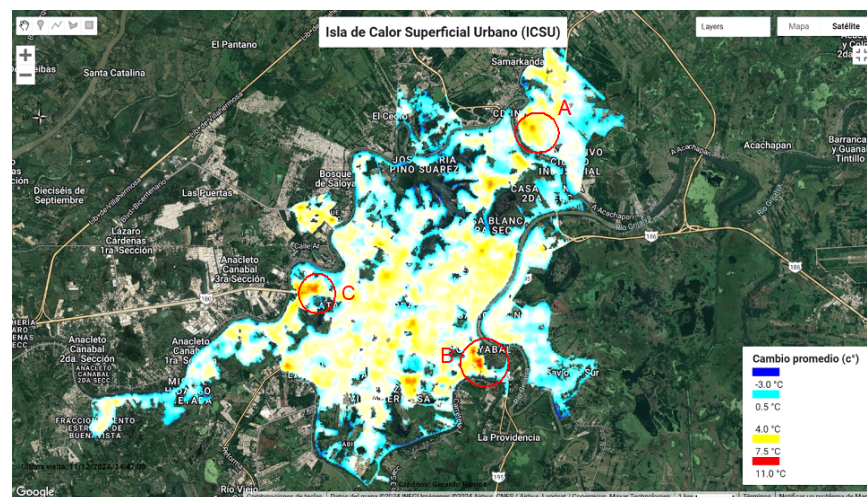


Figura 2. Isla de Calor Superficial Urbano de la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Los círculos representan zonas con valores de variación de temperatura más altos. A: corresponde con la zona de Ciudad Industrial, B: zona de Guayabal y C: Atasta de Serra.

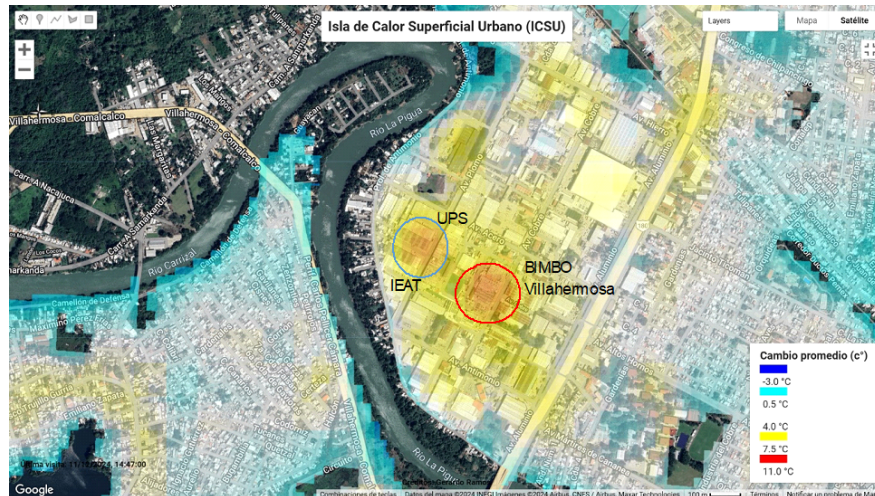


Figura 3. Isla de Calor Superficial Urbano Zona A; Empresa BIMBO Villahermosa (círculo rojo), Servicio de paquetería UPS Customer Center y escuela de educación para adultos IEAT (círculo azul).

La zona A (figura 3), ubicada al norte de la ciudad, en la colonia Ciudad Industrial, particularmente, los valores con diferencia de temperatura más alta en esta área se localizan en la planta *BIMBO Villahermosa* donde se alcanza hasta $+9^{\circ}\text{C}$ por encima del promedio. La misma variación se puede encontrar en el área ocupada por el servicio de paquetería *UPS Customer Center* y la escuela de educación para adultos *IEAT* al NW de la planta *BIMBO Villahermosa*. Como es de esperar, los valores más bajos se encuentran en las márgenes del Río La Pigua, donde el agua y las áreas verdes y arboladas reducen los valores de temperatura hasta -3°C

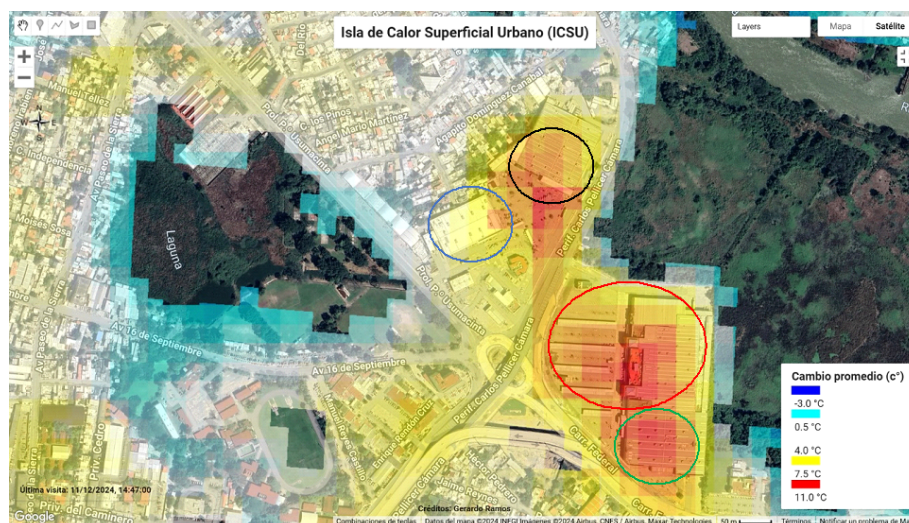


Figura 4. Isla de Calor Superficial Urbano Zona B; Bodega Aurrera Periférico Sur (círculo azul), Sams Club Guayabal (círculo negro), Soriana Hiper Guayabal (círculo rojo) y City Club Villahermosa (círculo verde).

En la zona B (figura 4), hacia el SE de la ciudad en la colonia Guayabal, se localiza un área comercial que alberga a *Bodega Aurrera Periférico Sur* (círculo azul), *Sams Club Guayabal* (círculo negro), *Soriana Hiper Guayabal* (círculo rojo) y *City Club Villahermosa* (círculo verde). La empresa *Soriana Hiper*

Guayabal y su estacionamiento muestran una diferencia de temperatura de hasta $+10.5^{\circ}\text{C}$ sobre el promedio, mientras que el *City Club Villahermosa* ubicado al lado norte sur de *Soriana* exhibe una temperatura de hasta $+11.3^{\circ}\text{C}$ con relación al promedio. Al noroeste de estos comercios se encuentra *Sams Club Guayabal* donde la variación de temperatura, en relación con el promedio, es de $+10.5^{\circ}\text{C}$; hacia el SSW de este lugar se encuentra *Bodega Aurrera*, sin embargo, las temperaturas son de $+7^{\circ}\text{C}$ en este lugar. De nueva cuenta, los lugares con áreas verdes y aquellos en las cercanías al Río Grijalva muestran la variación más baja (entre $\pm 1^{\circ}\text{C}$).

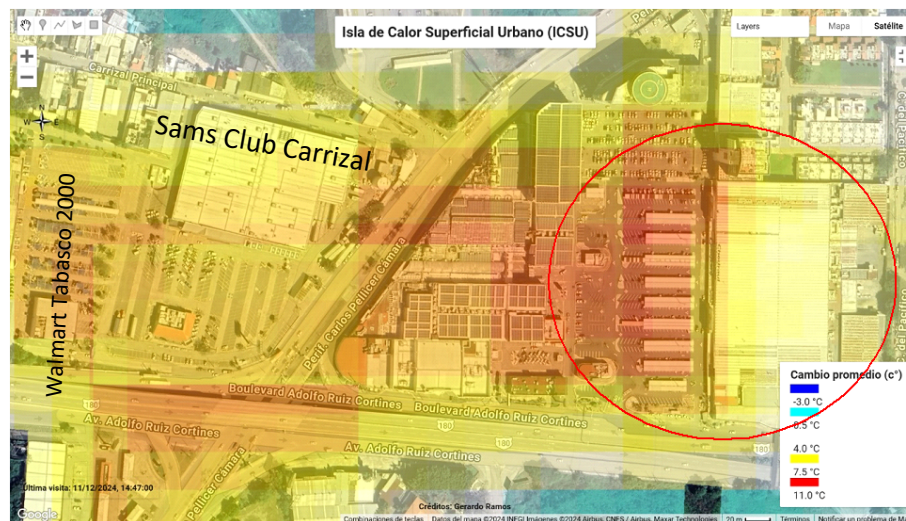


Figura 5. Isla de Calor Superficial Urbano Zona C; Chedraui Tabasco Villacarrizal (círculo rojo).

En la zona C, ubicada al SW de la ciudad, se localiza el supermercado *Chedraui Tabasco Villacarrizal* en la colonia Carrizal; este lugar exhibe valores de $+10^{\circ}\text{C}$, sobre todo, en el área del estacionamiento de este establecimiento. La zona conocida como La Laguna exhibe una disminución de temperatura de hasta -1.5°C .

4. Conclusiones

La ciudad de Villahermosa, Tabasco, se ha convertido en uno de los principales motores económicos de México, lo que ha propiciado un acelerado crecimiento urbano y cambios significativos en el uso del suelo. Este desarrollo ha intensificado los factores antropogénicos responsables del incremento de las temperaturas y de la dificultad para disipar el calor. A pesar de que los cuerpos de agua y la vegetación son los recursos más eficaces para contrarrestar el calor urbano, su presencia en las áreas urbanizadas es considerablemente limitada.

Las islas de calor urbano detectadas en la región están directamente asociadas a superficies con escasa o nula vegetación, baja humedad relativa y una reducida capacidad de reflexión, lo que explica las altas temperaturas que presentan. Para mitigar este fenómeno y mejorar la calidad del entorno urbano, es indispensable conservar los cuerpos de agua y las áreas verdes en la ciudad, además de minimizar la expansión de superficies asfaltadas, especialmente en zonas como los estacionamientos. El mapa de la isla de calor urbano de la ciudad delinea áreas adicionales que pueden ameritar un análisis más profundo; sin embargo, éstas no entran dentro del alcance del estudio actual. No obstante, se proporciona un hipervínculo al mapa interactivo de la ciudad en la sección de materiales complementarios para que los usuarios exploren áreas de interés.

5. Materiales complementarios

Para analizar algún área de interés dirigirse al siguiente enlace para acceder al mapa interactivo [ICSU_Villahermosa](#). Interactúe con la transparencia de las capas o cambia la vista de satélite y usar el *zoom*.

6. Conflicto de intereses y declaratoria de uso de inteligencia artificial

Los autores declaramos que no existen conflictos de intereses que puedan influir en los resultados, el análisis o la interpretación de los datos presentados en este manuscrito.

En la redacción, análisis y desarrollo de este trabajo se ha utilizado inteligencia artificial de manera asistida, específicamente para la revisión gramatical y mejora en la redacción, garantizando que la interpretación, conclusiones y el contenido final son producto del trabajo intelectual de los autores. Cualquier generación de texto asistida por IA ha sido revisada y validada para cumplir con los estándares de calidad y ética en la investigación.

7. Referencias

- [1] A. J. Arnfield, “Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island,” *Int. J. Climatol.*, vol. 23, pp. 1–26, 2003, doi: 10.1002/joc.859.
- [2] T. Chakraborty, C. Sarangi, and S. N. Tripathi, “Understanding diurnality and inter-seasonality of a sub-tropical urban heat island,” *Boundary-Layer Meteorol.*, vol. 163, pp. 287–309, 2017, doi: 10.1007/s10546-016-0223-0.
- [3] A. Greenberg, “Why cities are so hot (and how we can fix it),” *NOVA | PBS*, Apr. 14, 2023. [Online]. Available: <https://www.pbs.org/wgbh/nova/article/why-are-cities-hot-urban-heat-islands/>
- [4] L. Howard, *The Climate of London: Deduced from Meteorological Observations Made in the Metropolis and at Various Places Around it*. London, U.K.: Harvey and Darton, J. and A. Arch, Longman, Hatchard, S. Highley and R. Hunter, 1833.
- [5] Y. Hu, M. Hou, G. Jia, et al., “Comparison of surface and canopy urban heat islands within megacities of eastern China,” *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 156, pp. 160–168, 2019, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2019.08.012.
- [6] E. Kalnay and M. Cai, “Impact of urbanization and land-use change on climate,” *Nature*, vol. 425, p. 102, 2003, doi: 10.1038/nature01952.
- [7] A. Ngie, K. Abutaleb, F. Ahmed, et al., “Assessment of urban heat island using satellite remotely sensed imagery: A review,” *South African Geogr. J.*, vol. 96, pp. 198–214, 2014, doi: 10.1080/03736245.2014.924864.
- [8] T. R. Oke, “The energetic basis of the urban heat island,” *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, vol. 108, pp. 1–24, 1982, doi: 10.1002/qj.49710845502.
- [9] Y. Qian, T. C. Chakraborty, J. Li, et al., “Urbanization impact on regional climate and extreme weather: Current understanding, uncertainties, and future research directions,” *Adv. Atmos. Sci.*, vol. 39, pp. 819–860, 2022, doi: 10.1007/s00376-021-1371-9.

- [10] B. Rivera Hernández, L. A. Aceves Navarro, J. F. Juárez López, J. M. Méndez Adorno, and C. Ramos Álvarez, “Evidencias del cambio climático en el estado de Tabasco durante el periodo 1961–2010,” *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, pp. 2645–2656, 2016.
- [11] M. Simon and M. Simon, “The surprisingly simple way cities could save people from extreme heat,” *Grist*, Jul. 18, 2024. [Online]. Available: <https://grist.org/solutions/solutions-cities-extreme-heat-heat-island-roofs/>
- [12] C. J. Tomlinson, L. Chapman, J. E. Thornes, and C. Baker, “Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: a review,” *Met. Apps.*, vol. 18, pp. 296–306, 2011, doi: 10.1002/met.287.
- [13] Z. S. Venter, T. Chakraborty, and X. Lee, “Crowdsourced air temperatures contrast satellite measures of the urban heat island and its mechanisms,” *Sci. Adv.*, vol. 7, eabb9569, 2021, doi: 10.1126/sciadv.abb9569.
- [14] Z. Wan, *MODIS land surface temperature products users’ guide*. Santa Barbara, CA: Inst. Comput. Earth Syst. Sci., Univ. Calif., 2006.
- [15] Q. Weng, “Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends,” *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 64, pp. 335–344, 2009.
- [16] S. Zhou and J. Cheng, “An improved temperature and emissivity separation algorithm for the Advanced Himawari Imager,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 58, pp. 7105–7124, 2020, doi: 10.1109/TGRS.2020.2979846.