

Evaluación entre una metodología estándar y observaciones de campo en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, para definir zonas climáticas locales

Irma Cecilia Martínez-Cueto¹, Karina Guadalupe Morales-Ayón¹, Uriel Pérez Salgado¹, Sandy-Edith Benítez-García¹.

¹Grupo de Investigación Desarrollo e Innovación de Aplicaciones STEAM, Escuela de Ingenierías y Arquitectura, Universidad LaSalle Oaxaca. Oaxaca de Juárez, México.

014423390@ulsaoaxaca.edu.mx, 014429684@ulsaoaxaca.edu.mx,
014415348@ulsaoaxaca.edu.mx, sandy.benitezga@ulsaoaxaca.edu.mx

Resumen. Debido al crecimiento constante y acelerado de zonas urbanas, los efectos en el medio ambiente relacionados con las características constructivas, topografía, actividades antropogénicas y cobertura vegetal, entre otros, no han sido cuantificados en su totalidad, por lo que la clasificación de estas en zonas climáticas locales (LCZ) es de gran ayuda, en el estudio de sistemas socio-ecológicos, desarrollo de viviendas y sobre todo en la predicción del fenómeno conocido como Isla de Calor Urbano (ICU). Una de las metodologías estándar más extendidas para la realización de la clasificación es la propuesta en el World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT), por lo que, en el presente trabajo se evalúa su pertinencia en la clasificación de LCZ de un terreno tan complejo en orografía, topografía, actividades sociales y uso de suelo como lo es el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, en el estado de Oaxaca, analizado durante el periodo comprendido de 2020 a 2023. Se realizó una división de las zonas considerando 59 áreas geoestadísticas básicas (AGEBs) de acuerdo con el INEGI. Se observaron diferencias significativas en cuanto a la distribución de zonas, así como a las áreas calculadas entre la clasificación del WUDAPT y observaciones de campo procesadas con ayuda de los sistemas de información geográficas, además de herramientas de geomática.

Palabras Clave: urbanismo, zona climática local, isla de calor urbano.

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

En el estudio sobre los fenómenos relacionados con el cambio climático y el calentamiento global, se presenta el denominado Isla de Calor Urbano (ICU), lugares que se caracterizan por tener una temperatura mayor que las zonas colindantes. Este fenómeno se ha presentado con mayor frecuencia en las últimas décadas por el crecimiento acelerado de las zonas urbanas. Las zonas urbanas y sistemas urbano-rurales son propensos a sufrir del fenómeno de ICU, ya sea por la infraestructura, la disminución de cobertura vegetal o la gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que generan. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) “la urbanización ha dado lugar a externalidades negativas, como la contaminación atmosférica, la generación de gases de efecto invernadero, los accidentes viales, la congestión vial, los problemas de salud y la contaminación del agua, que erosionan las bases de

Memorias del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e innovación

Vol. XI, Núm. 1, pp. DyT 137-143, 2024, DOI: 10.26457/mclidi.v11i1.4254 Universidad La Salle México

IRMA CECILIA MARTÍNEZ CUETO, KARINA GUADALUPE MORALES AYÓN de la carrera en INGENIERÍA AMBIENTAL, Uriel Pérez Salgado de la carrera en INGENIERÍA CIVIL de la ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA de la UNIVERSIDAD LA SALLE OAXACA.

SANDY EDITH BENÍTEZ GARCÍA fue la asesora de este trabajo.

sustentación del dinamismo económico” (2015, p. 34). Además de que se ha podido demostrar que existe una relación directa entre elevadas temperaturas que se presentan en un ambiente urbano y escasas o nula vegetación, y áreas pavimentadas y/o asfaltadas, contribuyendo a problemas de urbanización, acceso justo a la vivienda y al hábitat, justicia social e inclusive de salud.

De acuerdo con Steward y Oke (2012) y Demuzere y Bechtel (2021), el caracterizar el territorio en Zonas Climáticas Locales (LCZ, por sus siglas en inglés) permite ayudar a determinar las causas de problemas ambientales y sociales, de tal forma que la clasificación de LCZ proporciona una fragmentación de cobertura de suelo ocupada por un asentamiento urbano, con características bien definidas. Coadyuvando con lo anterior, a un mejor ordenamiento territorial, desarrollo urbano, sistemas socioecológicos y sustentables e identificación del fenómeno conocido como isla de calor urbano (ICU) de la zona de estudio.

A lo largo de los años los municipios pertenecientes a la Zona Metropolitana de Oaxaca (ZMO) han ido creciendo y desarrollándose considerablemente, esto sin algún tipo de orden o regulación específica. De acuerdo con el Gobierno del estado de Oaxaca (2022) “cientos de miles de oaxaqueños ocuparon zonas irregulares ante la falta de instrumentos de planeación que motivara un crecimiento más equilibrado de las ciudades y que generara un desarrollo sustentable de las zonas rurales”, lo cual ha derivado en problemáticas relacionadas con el cambio de uso de suelo y hacer evidente la necesidad de instrumentos de planeación para el crecimiento de las zonas urbanas. Relacionado a lo anterior, el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán (Figura 1) carece de normatividad para determinar características de construcción en su territorio, sin embargo, se cuenta con información contenida en sistemas de información geográfica (SIG) relacionados con el uso de suelo y expansión de la mancha urbana (INEGI, 2022), además de información que es posible recopilar por medio de recorridos de campo dadas las dimensiones geográficas de la zona. Por lo anterior, es posible realizar una clasificación de LCZ utilizando herramientas de geomática y observaciones de campo para evaluar la metodología propuesta en el World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT) (Demuzere y Bechtel, 2021) a través del cálculo de las áreas de los polígonos en ambos casos por medio de software de SIG de código abierto.

La presente investigación, pretende contribuir al objetivo del desarrollo sostenible en su numeral 9, ya que es crucial el desarrollo de infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad para el desarrollo económico y el bienestar humano. Además de coadyuvar en cumplir los objetivos 3, 10, 11, 13, 15 y 17, ya que el plantear un aumento en la urbanización inclusiva y sostenible, la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos puede ayudar a garantizar un futuro sostenible y justo para todos, a que las ciudades se desarrollen de manera que se minimice su impacto en el medio ambiente, se logre el desarrollo de espacios verdes, la reducción de residuos y la creación de alianzas para lograr un futuro sostenible, incidiendo con esto en la salud y bienestar, reduciendo la desigualdad y tomando acción por el clima donde además se pueden incluir la promoción de prácticas de construcción y transporte sostenibles.

2 Objetivo

Evaluar la aplicación del método estándar WUDAPT por medio de recorridos de campo y su comparación con imágenes satelitales de temperatura a través de sistemas de información geográfica, para identificar zonas climáticas locales, así como problemas ambientales asociados a la falta de planeación del territorio en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

3 Propuesta teórico-metodológica

Siguiendo la clasificación de LCZ propuesta en Steward y Oke (2012), que toma en cuenta aspectos en la formación de zonas climáticas locales, entre los cuales se pueden destacar: la vista aérea, que se refiere a la observación de la ciudad desde una perspectiva elevada, lo que permite identificar las diferentes áreas que componen la ciudad, el aspecto superficial, que hace referencia a la apariencia de la superficie de la ciudad, se analiza el tipo de edificios y su altura, la superficie permeable e impermeable, factores que pueden influir en la temperatura y la humedad del aire y del suelo, así como en la circulación del aire y la formación de vórtices de aire caliente, además de la presencia de zonas verdes, ya que estas pueden tener un efecto significativo en la temperatura y la humedad de una zona.

Según lo anterior, el municipio se subdividió en 59 secciones para identificar áreas específicas (llamadas Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) de acuerdo con el INEGI), según diversos criterios, como el tipo de edificaciones presentes, la presencia de áreas libres o verdes, y la naturaleza de los caminos, pavimentados o de terracería, junto con su función principal (habitacional, comercial, industrial, entre otros). Lo anterior, a través de trabajo de campo registrando imágenes de 48 MP y sensibilidad lumínica ISO 800 a nivel de superficie y ángulos altos de las zonas. Se realizó un esquema de clasificación por clases y subclases considerando las propiedades geométricas, de cobertura de superficie, edificaciones y actividades predominantes. Posteriormente, se utilizó Google Earth para llevar a cabo la distribución geográfica de las clases identificadas como representativas y homogéneas, tal como lo establece el método WUDAPT (Demuzere y Bechtel, 2021) y poder ejecutar el algoritmo de clasificación (output file), el cual es un archivo raster basado en información satelital que realiza un barrido de pixel, para posteriormente determinar la longitud y color al que pertenece el pixel y asignar el tipo de LCZ perteneciente. Las imágenes obtenidas fueron corregidas por medio de un plugin en QGIS v.2.6.1. debido a la mayor estabilidad presentada con respecto a versiones recientes, para luego clasificar con base en correlaciones por pixels. Una vez realizadas las correcciones correspondientes en QGIS v.2.18.2, a través del cálculo de áreas de los polígonos tanto de temperatura como de zonas climáticas locales y una sobreposición de imágenes se determinaron las diferencias en m^2 entre las observaciones en campo y lo obtenido por el método WUDAPT con las temperaturas obtenidas por medio de imágenes satelitales (Landsat 7), para poder determinar la certeza de dicha clasificación.

Con lo anterior, el trabajo se dividió en tres fases principales, la primera se basó en la exploración en campo del área de se llevó a cabo la delimitación del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, considerando 59 secciones de acuerdo con los AGEBS de INEGI. Cada AGEBS fue recorrido por sus diversas avenidas y clasificado de acuerdo con sus características constructivas, materiales de construcción predominantes, actividades antropogénicas desarrolladas, entre otros (Figura 2).

En la segunda fase, se realizaron mapas de calor a partir del uso de Sistemas de Información Geográfica, así como imágenes satelitales de temperatura provenientes del Landsat Collection 2 Level 2, esto con el fin de identificar las variaciones en la temperatura presentadas desde **2020 hasta el 2023** (Figura 3), para identificar las áreas en las que se presenta mayor temperatura en el área de estudio.

Para la tercer y última fase se realizó la comparación entre los mapas de calor y las características de los AGEBS explorados, con el objetivo de identificar si las características del AGEB coinciden con en el comportamiento de temperatura de acuerdo con el método WUDAPT.

4 Discusión de resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos, las temperaturas más elevadas son observadas en la zona sur del municipio donde se encuentra el aeropuerto internacional, además de la zona oeste donde se ha llevado una rápida expansión del territorio y actividades antropogénicas consecuentemente (Figura 3).

A partir del análisis de correlación entre ambos métodos (Figura 4) y el cálculo de diferencia de áreas se observa que las variaciones entre el método WUDAPT y las observaciones en campo difieren en promedio en un 21.32% con respecto al total del área estudiada, llegando a alcanzar valores de hasta el 54.48% de diferencia para el caso de la comparación entre la clase 9 (Construcción dispersa) y el intervalo de temperatura correspondiente de 33 a 37 °C, por lo tanto son significativamente diferentes, pudiendo sentar las bases para una propuesta de clasificación de zonas climáticas locales bajo contextos latinoamericanos.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

La caracterización de zonas climáticas locales, ya sea a partir de métodos acoplados a la teledetección y fotogrametría, observaciones de campo o utilizando algunas otras herramientas son muy útiles para el estudio de la urbanización, incluyendo el crecimiento y modelación de las urbes, densidad urbana, características constructivas y efectos ambientales por el desarrollo de actividades antropogénicas. A partir de la identificación de la diferencia significativa entre ambos métodos, este tipo de estudios ayudan a mejorar la clasificación de las urbes, ya que los contextos propuestos o mayormente utilizados muestran variaciones en cuanto a los contextos latinoamericanos. Adicionalmente la investigación presentada sienta las bases para desarrollar trabajos futuros de identificación de islas de calor urbano en las zonas clasificadas, lo cual permitirá identificar problemas ambientales asociados a la falta de planeación del territorio, así como la identificación de los grupos más vulnerables ante el fenómeno de ICU.

6 Agradecimientos

Los autores agradecen al Grupo de Investigación, Desarrollo e Innovación de aplicaciones STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Math), así como a la dirección de la Escuela de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad LaSalle Oaxaca por el apoyo brindado durante el desarrollo del presente.

7 Referencias

1. Steward y Oke. (2012) "Local climate zones for urban temperature studies", Bulletin of the American Meteorological Society, 93(12), 1879-1900, <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
2. Demuzere M, Kittner J and Bechtel B. (2021). LCZ Generator: A Web Application to Create Local Climate Zone Maps. *Frontiers in Environmental Science*, Vol 9, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455>
3. Gobierno del Estado de Oaxaca (2016). Plan Estratégico Sectorial. Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial. https://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/planes/planes_esectoriales/2016-2022/PES_Desarrollo_Urbano_y_Ordenamiento_Territorial.pdf, consultado: 20 de noviembre de 2022.
4. Mondragón, J., Sandoval, A. & Breña, F. (2019) "Calentamiento global: una secuencia didáctica", *Revista Mexicana de Física E*, 65(1 Jan-Jun), pp. 52–57. doi: <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.65.52>
5. Gobierno del Estado de Oaxaca. (2016). Plan Estratégico Sectorial. Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial. https://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/planes/planes_esectoriales/2016-2022/PES_Desarrollo_Urbano_y_Ordenamiento_Territorial.pdf, consultado: 21 de noviembre de 2022.
6. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2015). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible (LC/G.2624).
7. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática, <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=20>, Consultado: 17 de noviembre de 2022.

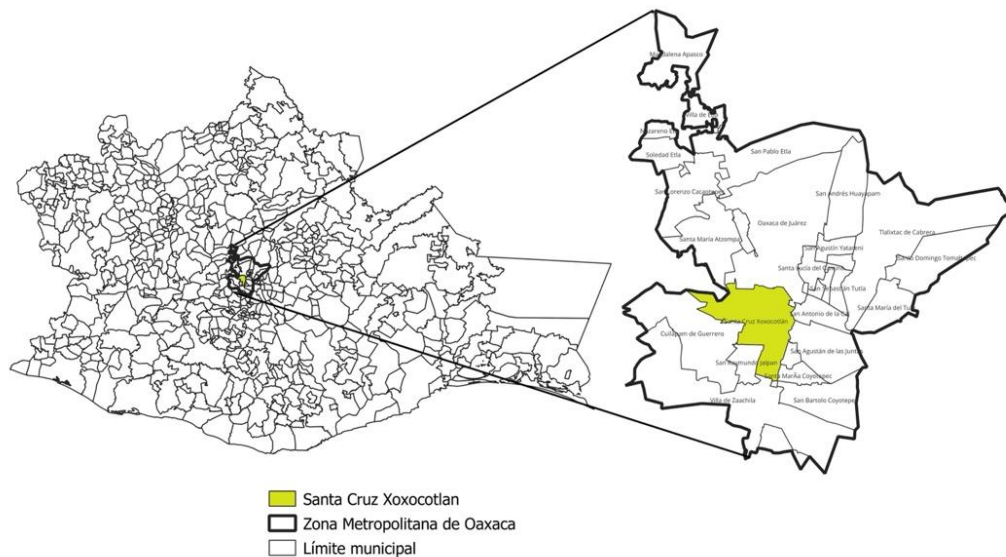


Figura 1. Macrolocalización del municipio de Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia

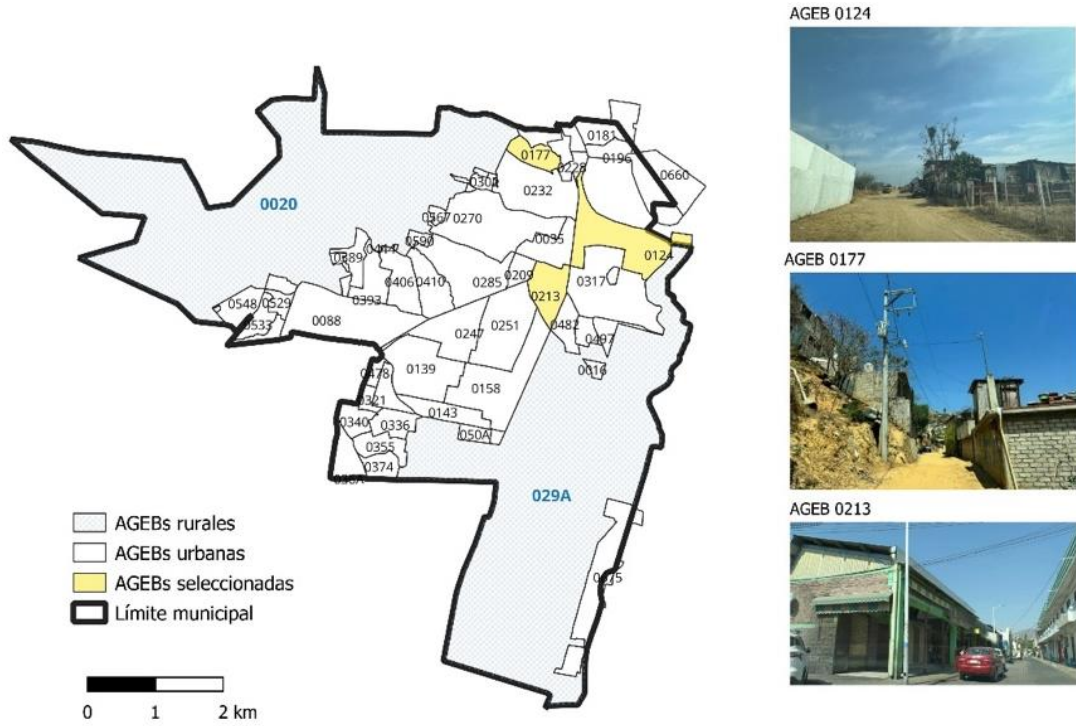


Figura 2. División del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán de acuerdo con las AGEBs de INEGI y ejemplos de imágenes captadas durante los recorridos de campo. Fuente: Elaboración propia.

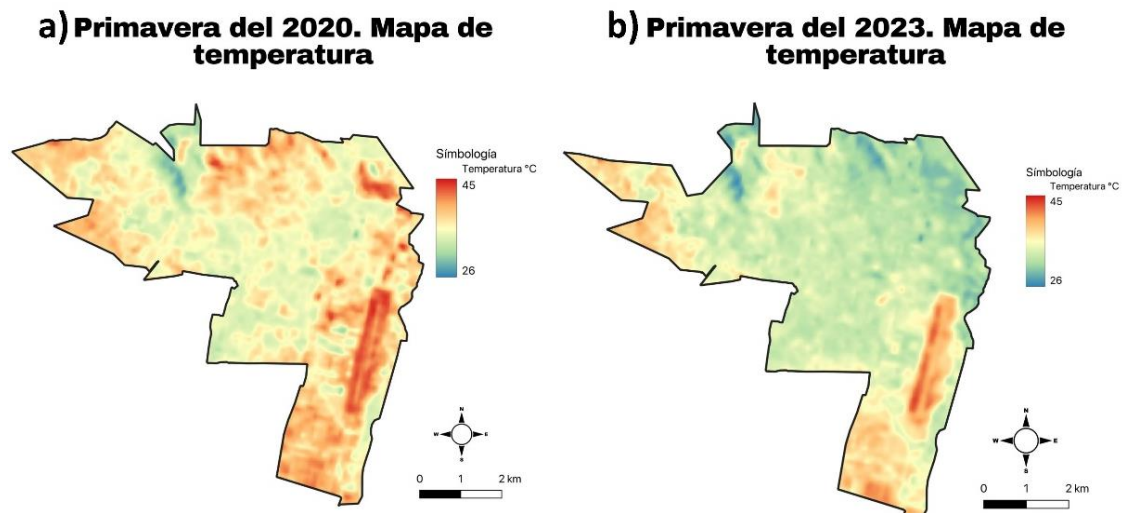


Figura 3. Imágenes satelitales de temperatura provenientes del Landsat Collection 2 Level 2 para la primavera de los años a) 2020 y b) 2023. Elaboración propia.

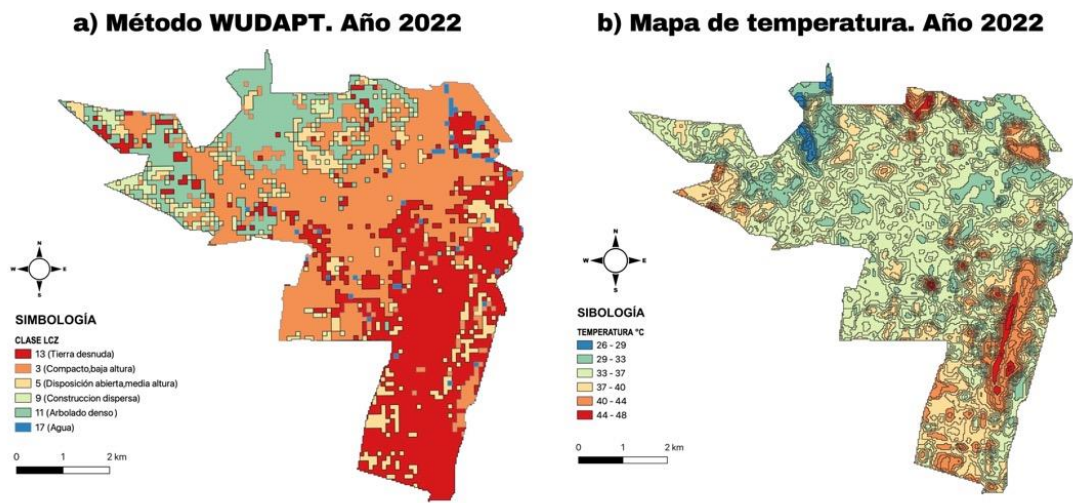


Figura 3. Comparación entre el a) Método WUDAPT y b) Imagen satelital de temperatura, para el año 2022. Elaboración propia.