

ISLAS DE CALOR EN ZONAS INDUSTRIALES: CASO DE LAMBAYEQUE, PERÚ

HEAT ISLANDS IN INDUSTRIAL ZONES: THE CASE OF LAMBAYEQUE, PERU

Rubí Keren Sánchez Rodríguez¹, Lucy Jannet García Díaz², Oscar Víctor Martín Vargas Chozo³

ABSTRACT

The advance of civilization intensifies complex environmental phenomena, where urban growth and industrial expansion generate urban heat islands (UHI), one of the greatest challenges of the 21st century. This study focuses on sector 14013 of Lambayeque, a city in northern Peru, an industrial zone with high manufacturing activity, mainly rice grain milling and automotive commerce. Previous work indicates that urbanized areas tend to accumulate heat, increasing surface temperatures compared to rural areas. Remote sensing with LandSat 8 satellite imagery identified areas with temperatures between 30°C and 36°C, linked to factories and other industrial sites, allowing an assessment of the extent and thermal intensity in the area. The analysis includes a review of the urban image, infrastructure and citizen perception, revealing a lack of green areas and poor planning, factors that aggravate thermal conditions and reduce the quality of life. The results highlight the need for comprehensive solutions that address architectural, social and environmental aspects, suggesting sustainable urban planning strategies and building policies that prioritize energy efficiency and climate adaptation. This study concludes that heat islands in industrial areas require urgent attention to mitigate their negative effects on the urban population and the environment.

Key words: Climatology, Temperature distribution, Terrestrial heat, Industrial area, Human ecology.

RESUMEN

El avance de la civilización intensifica fenómenos ambientales complejos, donde el crecimiento urbano y la expansión industrial generan islas de calor urbanas (ICU), uno de los mayores desafíos del siglo XXI. Este estudio se centra en el sector 14013 de Lambayeque, ciudad al norte de Perú, una zona industrial con alta actividad manufacturera mayoritariamente piladoras de granos de arroz y comercio automotriz. Trabajos previos señalan que las áreas urbanizadas tienden a acumular calor, aumentando las temperaturas superficiales en comparación con las áreas rurales. Mediante la teledetección con imágenes satelitales LandSat 8, se identificaron zonas con temperaturas entre 30°C y 36°C, vinculadas a fábricas y otros puntos industriales, lo que permite evaluar la extensión y la intensidad térmica en el área. El análisis incluye una revisión de la imagen urbana, la infraestructura y la percepción ciudadana, revelando una falta de áreas verdes y una planificación deficiente, factores que agravan las condiciones térmicas y reducen la calidad de vida. Los resultados destacan la necesidad de soluciones integrales que aborden aspectos arquitectónicos, sociales y ambientales, sugiriendo estrategias de planificación urbana sostenible y políticas de construcción que prioricen la eficiencia energética y la adaptación climática. Este estudio concluye que las islas de calor en zonas industriales requieren atención urgente para mitigar sus efectos negativos en la población urbana y en el medio ambiente local.

Palabras claves: Climatología, Distribución de las temperaturas, Calor terrestre, Zona industrial, Ecología humana.

-
- (1) Estudiante de Arquitectura en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Integrante del Semillero de Investigación de la Escuela de Arquitectura USAT.
- (2) Maestra en Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental (2019) y Arquitecta (2007) por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Docente en pregrado (2012) a la actualidad). Directora de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (2020 a la actualidad). Integrante docente del Semillero de Investigación de la Escuela de Arquitectura USAT.
- (3) Doctor (2016) y Maestro en Arquitectura (2024), Magíster en Educación mención en Docencia y Gestión Universitaria (2014) por la Universidad César Vallejo. Arquitecto (2012) por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Docente en los niveles de pregrado y posgrado (2014 a la actualidad). Investigador RENACYT_CONCYTECT (2024). Coordinador del Semillero de Investigación de la Escuela de Arquitectura USAT

1. INTRODUCCIÓN

El avance de la civilización ha intensificado fenómenos ambientales complejos, entre los cuales se destacan las islas de calor urbanas (ICU), áreas donde las temperaturas son significativamente más elevadas que en las zonas rurales circundantes. Este fenómeno se ha vuelto especialmente crítico en áreas industriales y urbanizadas, donde el crecimiento demográfico y la expansión territorial generan cambios profundos en la ocupación y uso del suelo. En este contexto, el artículo aborda el análisis de las ICU en el sector 14013 de Lambayeque, una zona industrial ubicada al norte del Perú y caracterizada por su alta actividad manufacturera, específicamente piladoras de granos de arroz y comercio automotriz. Estos espacios, al carecer de áreas verdes y presentar superficies impermeables, tienden a retener el calor, exacerbando los efectos del fenómeno térmico sobre el entorno urbano y el bienestar de sus habitantes.

A nivel mundial, estudios han demostrado que las ICU representan uno de los desafíos ambientales más significativos del siglo XXI, debido a sus consecuencias en términos de salud, calidad de vida y sostenibilidad urbana. Ruiz et al. (2021) señalan que el uso intensivo del suelo y la acumulación de calor en áreas urbanizadas producen un incremento de la temperatura del aire respecto a zonas rurales.

Este fenómeno es producto de factores naturales, como las condiciones meteorológicas, y artificiales, como la alta densidad de construcciones y la falta de vegetación (Keppas et al., 2021). Un caso relevante en el contexto peruano es el de la ciudad de Juliaca, donde las ICU generan olas de calor que tienen efectos adversos sobre la salud y el bienestar de la población. Hernández (2021) documenta que, en Estados Unidos, los golpes de calor en áreas densamente urbanizadas provocaron más de 356.000 de muertes en 2019, resaltando la gravedad de este fenómeno en entornos urbanos.

La investigación en torno a las ICU ha evidenciado que estas zonas se ven afectadas no solo por el tipo de infraestructura y el uso del suelo, sino también por la pérdida de espacios verdes y la impermeabilización del terreno,

factores que favorecen la acumulación de calor durante el día y ralentizan su disipación durante la noche (Reyes-Escobedo & Aguiluz-León, 2023; Ángel, 2023; Cafiarte, 2023). En las ciudades industriales, esta problemática se intensifica, pues la expansión de áreas industriales y comerciales incrementa la concentración de edificaciones y reduce las áreas vegetadas. Investigaciones recientes demuestran que las zonas industriales presentan menores reducciones de temperatura nocturna en comparación con áreas con vegetación, lo que refuerza la importancia de incorporar infraestructuras verdes en la planificación urbana para mitigar los efectos del calor (García, 2022; García & Díaz, 2022). Estas condiciones afectan de manera desproporcionada a las comunidades más vulnerables, que sufren un mayor consumo energético y problemas de salud debido a la exposición prolongada a temperaturas elevadas (Mercado, 2022; Ezpeleta & Royé, 2021; Larena, 2022).

El marco teórico de este estudio se basa en la sostenibilidad urbana y la ecología humana, enfoques que promueven la necesidad de equilibrar el crecimiento industrial con el desarrollo de infraestructuras verdes para mitigar el impacto térmico. García (2022) y Suárez et al. (2020) sostienen que la inclusión de techos verdes, muros vegetados y materiales de construcción con alta reflectividad térmica ayuda a reducir las temperaturas en áreas urbanas. La infraestructura verde —que incluye desde parques urbanos hasta jardines verticales— es reconocida por su capacidad para regular el microclima, proporcionando sombra y favoreciendo la evaporación, lo cual disminuye significativamente la acumulación de calor en zonas urbanizadas.

El sector 14013 de Lambayeque, centro de este estudio, se encuentra en un contexto de alta densidad industrial, donde las fábricas y el comercio automotriz generan intensas fuentes de calor. La infraestructura en esta zona está compuesta principalmente por construcciones con materiales que retienen el calor, como techos de calamina y paredes de adobe, y carece en gran medida de áreas verdes, lo cual potencia la intensidad de las ICU. Esta situación no solo afecta la imagen urbana, sino que también tiene consecuencias directas en la salud de los habitantes, quienes enfrentan mayores dificultades para mantener una temperatura confortable en sus hogares y lugares de trabajo. En un contexto global de cambio climático, las altas temperaturas exacerbaban el fenómeno de las ICU, estableciendo un ciclo vicioso en el que el calentamiento urbano contribuye al cambio climático y, a su vez, este refuerza las ICU (Ruiz et al., 2021; Grajeda-Rosado et al., 2023).

Este artículo aporta a la literatura sobre ICU al examinar

cómo la configuración industrial y la falta de áreas verdes en el sector 14013 de Lambayeque intensifican las condiciones de calor y afectan el bienestar urbano. La metodología empleada en el estudio combina el análisis de imágenes satelitales de teledetección, específicamente del sensor LandSat 8, para identificar las áreas de mayor concentración térmica, con un estudio de campo que examina la percepción ciudadana y las condiciones de la infraestructura. La pregunta central que orienta esta investigación es: *¿Cuáles son los impactos negativos de las islas urbanas de calor en la imagen urbana del sector 14013 en Lambayeque?*

La creciente investigación en torno a las ICU y su impacto en las ciudades industriales subraya la necesidad de un enfoque interdisciplinario que integre la ecología, la planificación urbana y la participación ciudadana para mitigar los efectos del calor en estos contextos. La experiencia de ciudades como Mataró, en Barcelona, donde se ha aplicado una revitalización urbana mediante la incorporación de espacios verdes en áreas industriales, ejemplifica cómo la planificación urbana puede adaptarse a las necesidades cambiantes de las comunidades (Saez-Ujaque, 2023). Este artículo se enmarca en la línea de investigación de cambio climático y desarrollo sostenible, contribuyendo a una comprensión más profunda de los desafíos que presentan las ICU y proponiendo estrategias de mitigación basadas en el diseño urbano y la infraestructura

verde.

2. METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo mediante un enfoque metodológico cualitativo, orientado a identificar y comprender los efectos de las Islas Urbanas de Calor (ICU) en el sector industrial 14013 de Lambayeque, Perú. Se estructuró en dos fases principales: recopilación y análisis de datos térmicos mediante técnicas de teledetección y estudio de campo sobre la percepción ciudadana y la configuración urbana del escenario de estudio.

2.1. Fase 1: Teledetección y análisis térmico

Se basó en el uso de imágenes satelitales mediante el sensor térmico LandSat 8, que conllevó a identificar la intensidad y distribución espacial de las ICU. El proceso consistió en el establecimiento de puntos de referencia cercanos a las áreas industriales críticas, incluyendo fábricas, centros de materiales de construcción y otras instalaciones de donde se recolectaron imágenes térmicas diurnas y nocturnas en el mes de octubre de 2023, para la detección de picos térmicos en la superficie de la zona industrial y mapear la distribución del calor, permitiendo evaluar los patrones térmicos asociados a cada instalación.

Se utilizaron imágenes térmicas y gráficos estadísticos para visualizar la intensidad térmica en relación con las horas de máxima actividad industrial.

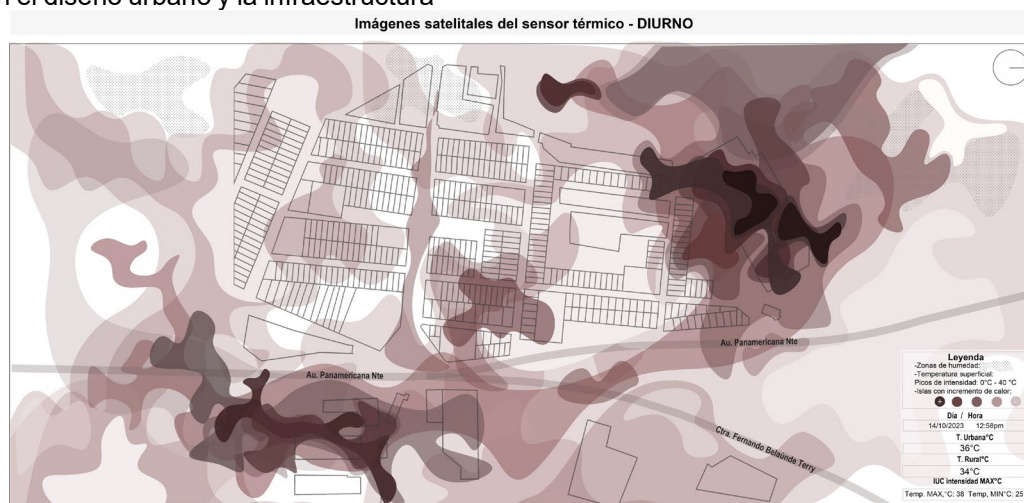


Figura 1. Imagen satelital del sensor térmico en la zona de estudio, horario diurno. *Elaboración propia con datos obtenidos de LandSat 8 (2023).*

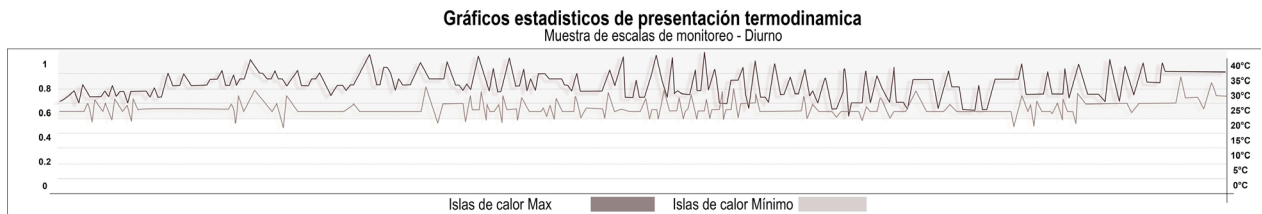


Figura 2: Gráficos estadísticos de representación termodinámica, horario diurno. *Elaboración propia con datos obtenidos de LandSat 8 (2023).*

2.2. Fase 2: Configuración urbana y percepción ciudadana

Se realizó el estudio de campo en el sector 14013 para comprender la influencia de las ICU en la imagen urbana y la calidad de vida de los residentes. Aquí se incluyeron mapeos de componentes urbanos, considerando aspectos como la calidad de los espacios públicos, la accesibilidad, y la presencia de áreas verdes.

Se emplearon fichas de observación y entrevistas informales con peatones para conocer sus apreciaciones sobre la percepción ciudadana en relación con el entorno urbano y su vulnerabilidad térmica, además se recopilaban datos sobre el uso de materiales en la construcción de viviendas e identificación de zonas de áreas verdes.

2.3. Herramientas y análisis de datos

Para la interpretación de los datos de teledetección, se emplearon programas de

procesamiento de imágenes que permitieron la elaboración de mapas de calor y gráficos comparativos entre diferentes puntos de la zona analizada. El análisis de percepción ciudadana fue estructurado en categorías relacionadas con el confort urbano, acceso a áreas verdes y calidad de infraestructura.

3. ISLAS DE CALOR EN LA IMAGEN URBANA INDUSTRIAL DE LAMBAYEQUE, 2024

3.1. Teledetección de las Islas de calor en la zona de estudio

El estudio de las islas de calor del sector se enfatizó en la dimensión superficial, empleando indicadores como el ritmo temporal y los picos de intensidad para evaluar su magnitud, utilizando el satélite LandSat 8 el 14 de octubre de 2023. Las temperaturas registradas a mediodía, a las 12:58 pm, fueron de 36 °C (Ver figura 1). Por la noche, a las 9:37 pm, el calor registrado fue de 30 °C (Ver figura 3) mostrando una diferencia de 6 °C respecto a la medición del mediodía, a su vez las imágenes satelitales permitieron mapear la distribución de estas islas de calor en el sector.

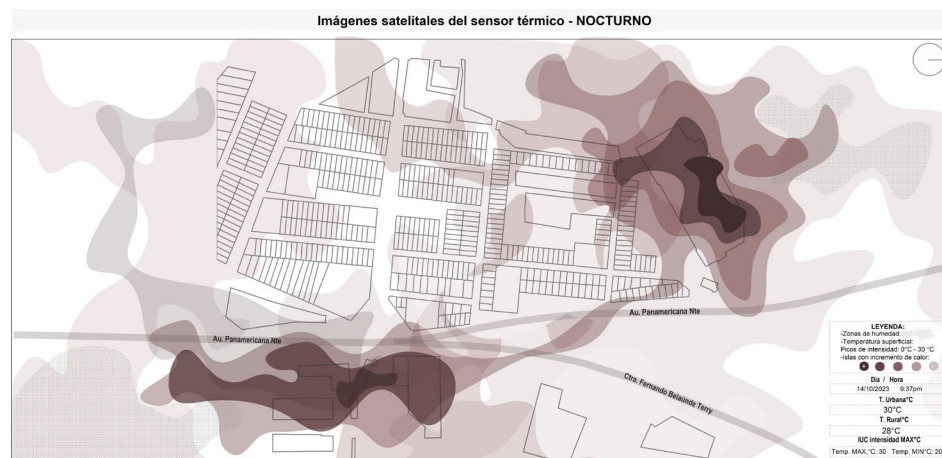


Figura 3: Imagen satelital del sensor térmico en la zona de estudio, horario nocturno. *Elaboración propia con datos obtenidos de LandSat 8 (2023).*

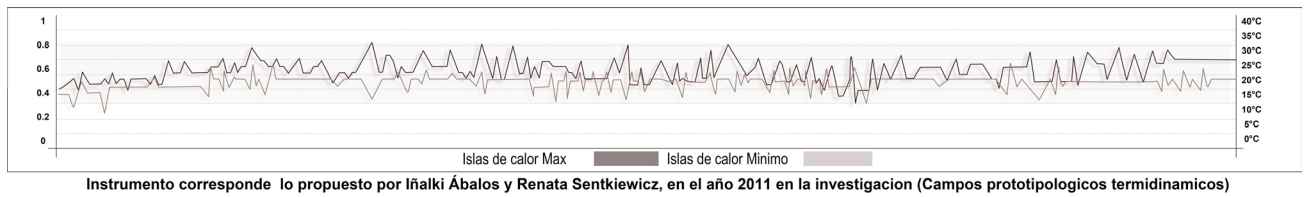


Figura 4: Gráficos estadísticos de representación termodinámica, horario nocturno. *Elaboración propia con datos obtenidos de LandSat 8 (2023).*

Los resultados indicaron que la Fábrica Lark, y las distintas fábricas aledañas ocupan gran parte de la zona de estudio con más relevancia generando islas con alta retención de calor durante el día y la noche (Ver figura 2 y 4), lo cual determina que este tipo de industrias suelen producir una cantidad considerable de calor como un efecto secundario de sus operaciones, liberando este calor a través de chimeneas y durante el funcionamiento de su maquinaria, contribuyendo al incremento de la temperatura en las zonas

cercanas, lo que agrava aún más las temperaturas elevadas típicas de una isla urbana de calor, por consiguiente, como parte de las islas de calor que maneja una intensidad con mucha similitud durante el día y la noche es la de un grifo y un centro de materiales de construcción, cercano a la zona industrial de la ladrillera, en gran parte por el flujo de actividades vehiculares, almacenaje de combustibles fósiles y grandes superficies de concreto, con lo que las temperaturas continúan incrementándose.



Figura 5. Configuración urbana del sector 14013 zona industrial de Lambayeque. *Elaboración propia (2023).*

La captación de islas de calor dentro de la zona urbana, nos revela que el calor se sitúa, en las viviendas con materialidades como la calamina, esteras, adobe, madera (Ver figura 7 y 8), lo que implica que reflejan una mayor cantidad de luz solar, esto puede tener un efecto negativo al absorber la cantidad de calor, ya que las viviendas varían entre 2.50m/ 2.7m, siendo este un factor que contribuye al aumento de la formación de islas urbanas de calor.

3.2. Habitar y la configuración urbana

El análisis de la configuración urbana mediante una planimetría (Ver figura 5) conllevó a entender el modo de habitar de los ciudadanos, mediante el comportamiento sensorial de la imagen urbana, referido a cómo las personas perciben y experimentan la ciudad a través de sus sentidos, incluyendo la vista, el oído, el olfato, el tacto y el gusto. Esta percepción sensorial influye en la manera en que los individuos interactúan con el entorno urbano y en cómo interpretan su calidad y habitabilidad. Según Briceño-Avila (2018), el paisaje urbano es la expresión de todo lo que es posible percibir en los espacios públicos de la ciudad, y su análisis permite identificar patrones y unidades que contribuyen a establecer criterios de diseño en términos de calidad visual y funcional.

El modo de vida de los ciudadanos se ve influenciado por la calidad de sus viviendas, los espacios públicos disponibles y la configuración general del sector. En este contexto, el 70% de las viviendas presentan una altura que varía entre 1 y 3 niveles (ver figura 6), siendo la mayoría de estas construidas con adobe y cubiertas con techos de calamina. Sin embargo, la infraestructura existente muestra deficiencias, con un rendimiento evaluado en un 50% (Ver figura 8).

La falta de inversión en infraestructura afecta directamente la calidad de vida de los habitantes y contribuye a la percepción general de inseguridad en el área, exacerbada por la presencia de muros ciegos que limitan la visibilidad y el acceso. (ver figura 7) Además, la carencia de áreas verdes adecuadas resulta en la formación de islas urbanas de calor, intensificando el impacto del clima sobre el

entorno urbano.

El análisis de la percepción de los peatones sobre su entorno resalta la importancia de considerar la elección de materiales en áreas vulnerables al calor como un factor crítico para la mitigación de este fenómeno (Ver figura 9).

3.3. Transformación de las Islas urbanas en el sector 14013

Las islas urbanas de calor ejercen una influencia en la configuración y la percepción de la imagen urbana en el sector 14013 de la zona industrial de Lambayeque, como se evidencia en la estructura urbana reflejada en la investigación.



Figura 6: Entorno urbano del sector 14013 de Lambayeque. *Elaboración propia con datos recopilados en visitas al lugar (2023).*



Figura 7: Zona urbana y rural en el sector 14013 de Lambayeque. *Elaboración propia con datos recopilados en visitas al lugar (2023).*



Figura 8: Equipamiento en el sector 14013 de Lambayeque. *Elaboración propia con datos recopilados en visitas al lugar (2023).*



Figura 9: Situaciones actuales de materialidad de vivienda del sector 14013 de Lambayeque. *Elaboración propia con datos recopilados en visitas al lugar (2023).*

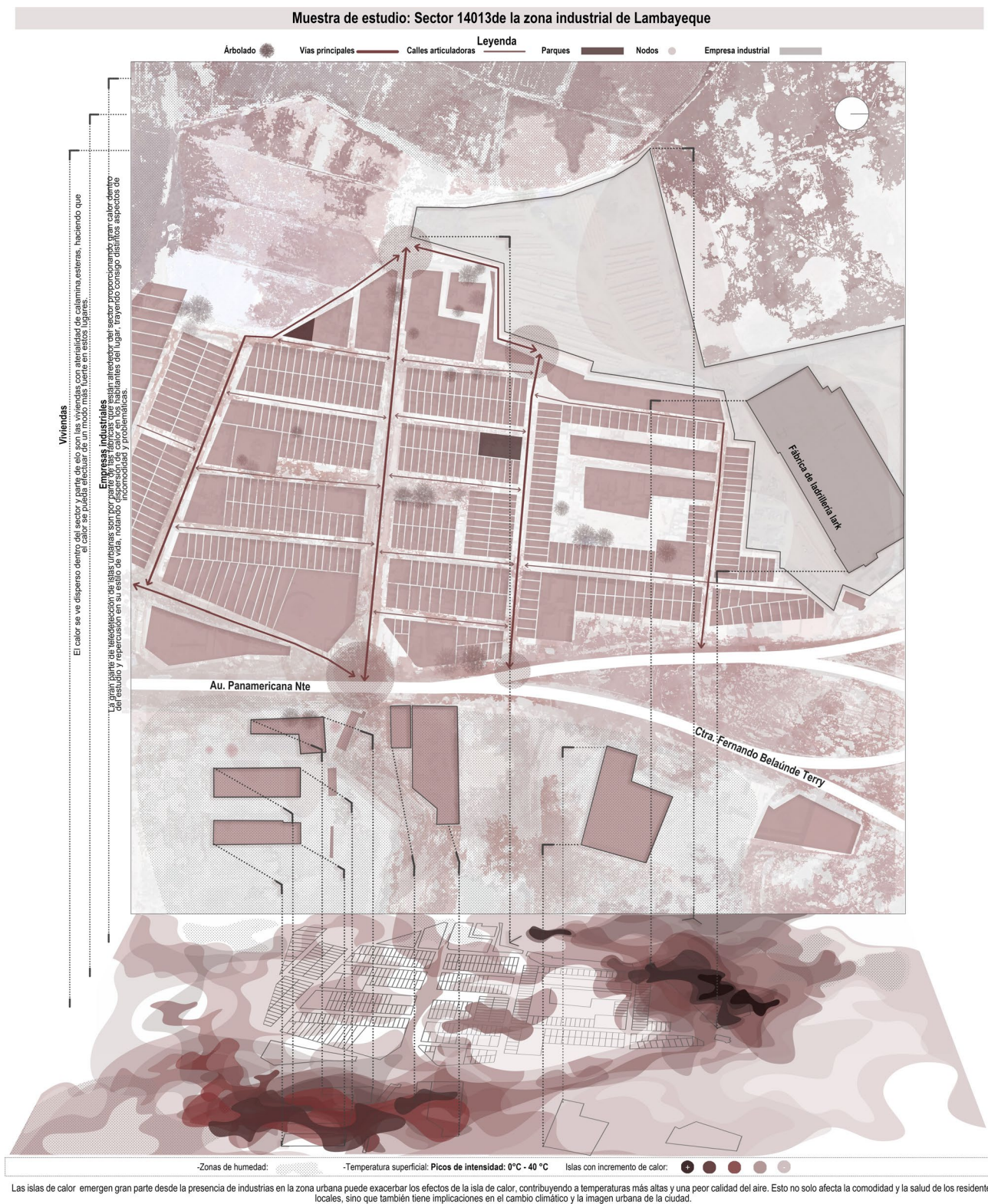


Figura 10: Síntesis de islas urbanas de calor e imagen urbana. *Elaboración propia con datos obtenidos en visitas de campo y mediante LandSat 8 (2023).*

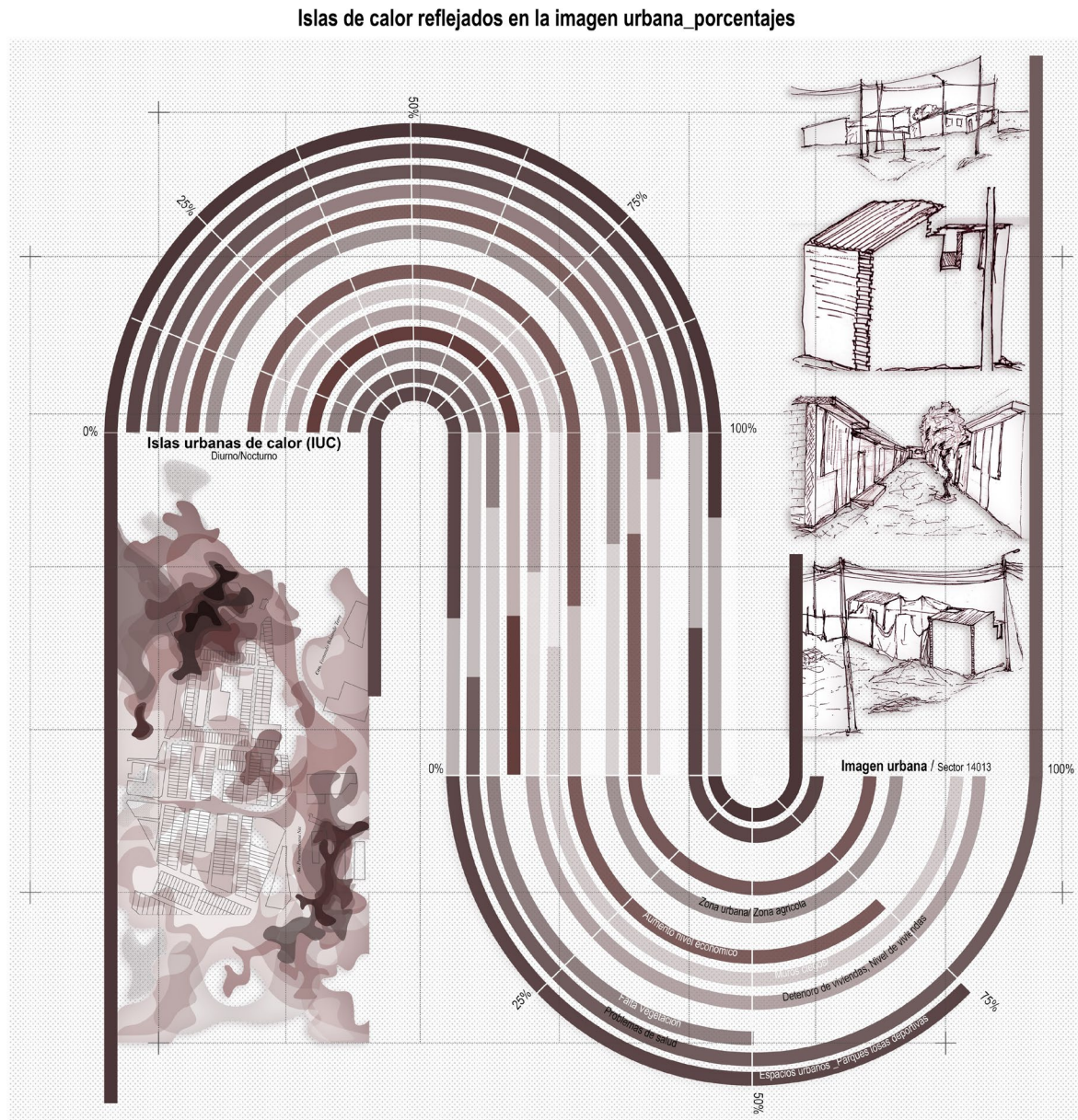


Figura 11: Islas de calor reflejados en la imagen urbana. *Elaboración propia.*

3.4. Impacto negativo de las islas urbanas de calor en el sector 14013 de la zona industrial de Lambayeque

Los resultados de la investigación subrayan que las islas de calor urbanas en el sector 14013 de la zona industrial de Lambayeque tienen un impacto negativo en la imagen de la ciudad, destacando la urgente necesidad de abordar este problema de manera estratégica y efectiva. La acumulación de calor en áreas urbanas densamente pobladas y con

escasos espacios verdes constituye un desafío crítico que requiere atención inmediata.

La falta de una planificación urbana adecuada, que priorice la sostenibilidad y el bienestar de los ciudadanos sobre el crecimiento económico a corto plazo, ha exacerbado esta problemática. Para enfrentar este desafío, es esencial implementar políticas urbanas más equitativas y participativas, que tengan en cuenta las necesidades de todas las comunidades, especialmente aquellas con menos

recursos. Además, se necesita una intervención arquitectónica que fomente la inclusión y la accesibilidad de soluciones para mitigar las islas urbanas de calor (ver figura 12)

La deteriorada imagen urbana evidencia la falta de recursos necesarios para contrarrestar este

fenómeno, afectando negativamente tanto a los ciudadanos como a su calidad de vida. Observar la ciudad desde la perspectiva del peatón es fundamental para comprender cómo la población enfrenta esta problemática en su vida cotidiana, lo que requiere una interacción directa con la ciudadanía.

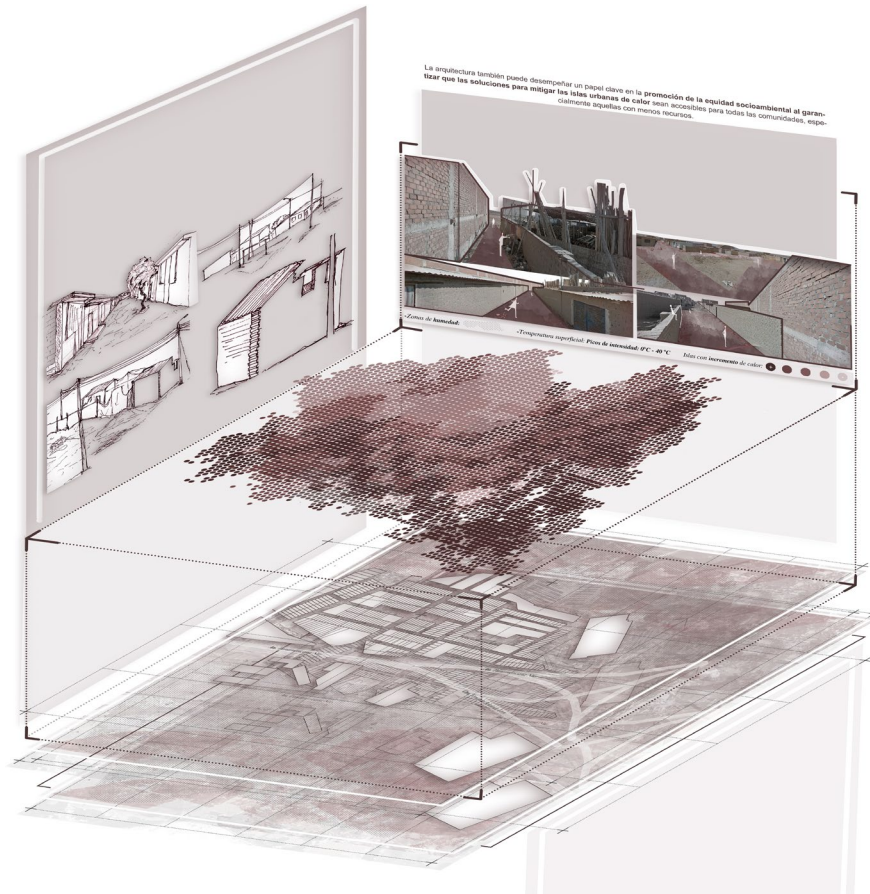


Figura 12: Impacto negativo de las islas de calor en la imagen urbana. *Elaboración propia.*

4. DISCUSIÓN

El desarrollo económico y la expansión urbana generan fenómenos ambientales urbanos con un impacto significativo en la calidad de vida de los habitantes. Entre ellos, el crecimiento demográfico y la expansión territorial introducen transformaciones en el uso y ocupación del suelo que influyen directamente en el aumento de temperaturas en las ciudades (Sierra, 2019).

Las islas de calor urbanas (ICU) se destacan como un desafío importante de este siglo, ya que afectan directamente el bienestar y el entorno de la

población, modificando su modo de vida y el entorno urbano en general (Toudert, 2022b; Garau & Garau, 2018).

Las ICU son fenómenos complejos originados por la interacción entre la radiación solar y las superficies artificiales de las ciudades (Pablo, 2019). Esta interacción produce un aumento de la temperatura del aire en áreas urbanas, en comparación con las áreas rurales circundantes. En este estudio, se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución, proporcionadas por el satélite LandSat 8, para detectar y analizar las disparidades térmicas entre zonas industriales y residenciales en

el sector 14013 de Lambayeque, lo cual ha permitido una visión detallada de las diferencias térmicas diurnas y nocturnas (Biles & Lemberg, 2020).

En entornos urbanos, el incremento de temperatura impacta diversos aspectos, como el confort térmico de las viviendas, el consumo energético, y la salud de la población (Jin et al., 2018; Pablo, 2019). En este contexto, el concepto de confort bioclimático cobra relevancia, ya que representa un estado integral de bienestar en relación con el entorno climático (Palme et al., 2019).

Este estudio ha confirmado que la Fábrica Lark y las industrias aledañas concentran altas temperaturas tanto de día como de noche debido a sus operaciones. Las temperaturas elevadas en estas áreas urbanas representan un reto significativo para el confort térmico de las viviendas y el bienestar de los residentes del sector 14013.

Las ICU no solo modifican la temperatura, sino que afectan también la percepción y calidad de vida en el entorno urbano. La exposición continua a altas temperaturas impacta de manera negativa en la salud, economía y modo de vida de la población urbana (Manzanilla- Quiñones et al., 2020c; Navarro-Estupiñán et al., 2020; Vásquez Arenas, 2022). La investigación confirma que la configuración y materialidad de las viviendas en este sector, caracterizadas por el uso de materiales con alta capacidad de absorción térmica como la calamina y el adobe, aumentan la susceptibilidad al calor y reducen el confort ambiental. La falta de infraestructura adecuada y áreas recreativas también limita la calidad de vida, lo que hace urgente la mejora de los entornos urbanos en estas zonas.

La estructura urbana y la disponibilidad de áreas verdes juegan un papel fundamental en la regulación térmica y en la percepción que los habitantes tienen de su entorno. La imagen urbana se comprende como un conjunto de elementos interrelacionados, que incluyen la legibilidad, estructura, identidad y significado de los espacios (Lynch, 2008; Berrocal, 2020). Las ICU afectan esta imagen y el modo de habitar de los ciudadanos al alterar no solo la apariencia de las ciudades, sino también la identidad y el estilo de vida en ellas (Ángeles, 2021c; Martínez, 2021). En este contexto, la disposición de terrenos baldíos sin vegetación en

áreas urbanas, especialmente en zonas cercanas a regiones desérticas, intensifica las temperaturas extremas.

El estudio de Mondaca Guajardo (2019) destaca que las áreas urbanas acumulan aire caliente de manera más persistente que las zonas rurales, donde la vegetación permite un enfriamiento natural más eficiente. Esto es particularmente notorio en construcciones de tamaño moderado y bajo, que son más susceptibles a experimentar olas de calor (Chakraborty & Lee, 2019). Los resultados de este estudio enfatizan que el diseño y los materiales de construcción de las viviendas en Lambayeque influyen en la retención de calor, agravando el fenómeno de las ICU. La escasez de espacios verdes contribuye aún más al problema, subrayando la importancia de implementar infraestructura verde en zonas de alta densidad urbana para mitigar estos efectos.

A medida que el clima se vuelve más extremo, las ciudades enfrentan una vulnerabilidad creciente ante las ICU. El uso de mapas de riesgo ha permitido visualizar la disparidad térmica entre áreas naturales y urbanizadas, evidenciando cómo la falta de áreas verdes incrementa el fenómeno de las ICU (Pablo, 2021). La vegetación desempeña un papel importante en la reducción de temperaturas en áreas densamente pobladas, lo cual hace evidente la necesidad de estrategias de mitigación como la incorporación de vegetación urbana y diseño de espacios verdes.

Las ICU son áreas donde las temperaturas son más elevadas que en sus alrededores, debido a la acumulación de superficies pavimentadas, edificaciones y la actividad humana. Estas zonas se han convertido en un problema significativo en ciudades modernas, afectando la calidad de vida y la salud pública (Luo, 2023). La configuración residencial y la estructura arquitectónica de las ciudades industriales como Lambayeque destacan la importancia de diseñar entornos urbanos resilientes y sostenibles. Esto incluye considerar la disposición de edificios y la integración de áreas verdes, elementos cruciales para la regulación del microclima y el confort de los habitantes.

En el sector 14013, el análisis revela que las ICU han tenido un efecto directo en la imagen urbana, destacando la urgencia de abordar esta problemática de forma estratégica. La acumulación

de calor en áreas densamente pobladas, combinada con la escasez de vegetación, representa un desafío crítico que debe ser enfrentado de manera eficaz. Jin et al. (2018) resaltan que las prácticas urbanas y la disposición de edificios influyen en el microclima, afectando el comportamiento y la calidad de vida en las ciudades. Asimismo, Pablo (2021) enfatiza que las ICU suponen un reto crucial para los arquitectos y urbanistas, quienes deben repensar el diseño urbano convencional y priorizar la vegetación y la permeabilidad del suelo.

Además, el rol de la industria en la formación de ICU es significativo, pues áreas industriales con alta demanda energética tienden a concentrar más calor (Pablo, 2021). Esta investigación destaca la importancia de comprender la interacción entre la actividad humana, la estructura urbana y el microclima para desarrollar ciudades más habitables y sostenibles. Solo a través de una planificación urbana cuidadosa, que incluya diseño sostenible y estrategias de mitigación, se puede mejorar la calidad de vida de los habitantes y enfrentar los efectos negativos de las ICU en las ciudades modernas.

5. CONCLUSIONES

Este estudio caracteriza de manera precisa las islas de calor urbanas (ICU) en el sector 14013 de Lambayeque, mostrando cómo las altas temperaturas en zonas industriales afectan tanto la imagen urbana como el bienestar de sus habitantes. En concordancia con el objetivo general, los resultados evidencian que las ICU se intensifican en este sector debido a la actividad industrial, la infraestructura de materiales térmicamente vulnerables y la falta de áreas verdes. Así, se aporta una comprensión clara sobre la relación entre el desarrollo industrial y los efectos térmicos negativos en entornos urbanos.

Entre los principales hallazgos, se observa que las zonas industriales, como la Fábrica Lark y sus alrededores, presentan temperaturas entre 30°C y 36°C, sostenidas tanto en el día como en la noche, debido a la emisión y retención de calor. Este patrón térmico afecta el confort de las viviendas, especialmente aquellas construidas con calamina y madera, y se intensifica en áreas con alta densidad de tráfico y escasas zonas recreativas.

Las ICU se presentan de manera más notable en la superficie durante el día y en el aire durante la noche, lo cual subraya la importancia de implementar intervenciones urbanas que contrarresten este fenómeno.

El estudio aporta beneficios concretos a la planificación y diseño urbano sostenible en zonas industriales. La caracterización de las ICU en Lambayeque permite orientar políticas públicas hacia la mitigación del calor urbano mediante estrategias sostenibles, como la incorporación de techos y muros verdes y el uso de materiales reflectantes. Estas intervenciones no solo pueden reducir las temperaturas locales, sino que también mejoran la calidad de vida de la población y promueven un entorno urbano resiliente frente al cambio climático.

A partir de estos resultados, surgen varias líneas de investigación futuras. Es necesario examinar en mayor profundidad los efectos de las ICU sobre la salud pública, investigando la relación entre el aumento de la temperatura urbana y la incidencia de enfermedades relacionadas con el calor, el estrés térmico y la calidad del aire.

Además, estudios comparativos podrían evaluar la efectividad de distintas soluciones de infraestructura verde en zonas industriales, permitiendo el desarrollo de estrategias adaptadas a contextos similares. Una investigación centrada en factores socioeconómicos también podría profundizar en la forma en que distintas comunidades perciben y se ven afectadas por el entorno urbano, optimizando así la implementación de políticas y recursos.

Aunque este estudio presenta avances importantes, su principal limitación radica en la falta de datos longitudinales sobre el comportamiento térmico en diferentes estaciones del año. Esto representa una oportunidad para que investigaciones futuras exploren patrones de temperatura a largo plazo, permitiendo una visión más completa de los efectos de las ICU en zonas industriales. En conclusión, los hallazgos de esta investigación resaltan la necesidad de políticas y estrategias urbanas que prioricen la sostenibilidad y el bienestar ciudadano en sectores industriales.

Este enfoque contribuye a la literatura existente, ofreciendo un análisis detallado del fenómeno térmico y sus implicancias, y subraya la relevancia

de intervenciones sostenibles y participativas para mitigar las ICU en entornos urbanos.

6. REFERENCIAS

Ángel, L., Ramírez, A., & Domínguez, E. (2023). Isla de calor y cambios espacio-temporales de la temperatura en la ciudad de Bogotá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 34(131), 173–183. [https://doi.org/10.18257/raccefyn.34\(131\).2010.2410](https://doi.org/10.18257/raccefyn.34(131).2010.2410)

Ángeles, G. P. M., Alberto, P. B. I., & Universidad de Valladolid, Facultad de Ciencias. (2021). *Estudio de la isla urbana de calor*. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/50721>

Ao, X., Wang, L., Zhi, X., Gu, W., Yang, H., & Li, D. (2019). Observed synergies between urban heat islands and heat waves and their controlling factors in Shanghai, China. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 58(9), 1955–1972. <https://doi.org/10.1175/jamc-d-19-0073.1>

Biles, J. J., & Lemberg, D. S. (2020). A multiscale analysis of urban warming in residential areas of a Latin American city: The case of Mérida, Mexico. *Journal of Planning Education and Research*, 43(4), 881–896. <https://doi.org/10.1177/0739456x20923002>

Briceño-Avila, M. (2018). Paisaje urbano y espacio público como expresión de la vida cotidiana. *Revista de Arquitectura*, 20(2). <https://doi.org/10.14718/revarq.2018.20.2.1562>

Cabrera, P., Botasso, G., & Luna, A. C. (2022). Resultados preliminares obtenidos del comportamiento térmico de pavimentos modificados para mejorar el medio ambiente urbano. *AJEA*, 15. <https://doi.org/10.33414/ajea.1046.2022>

Cañarte, C. A. N., Iturralde, O. A. H., Mestanza, A. L. B., & Yépez, C. V. S. (2023). Análisis del confort térmico en la ciudad de Santiago de Guayaquil a través de la caracterización de árboles. *South Florida Journal of Environmental and Animal Science*, 3(2), 101–133. <https://doi.org/10.53499/sfjeasv3n2-005>

Chakraborty, T., & Lee, X. (2019). A simplified urban-extent algorithm to characterize surface

urban heat islands on a global scale and examine vegetation control on their spatiotemporal variability. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 74, 269–280. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.09.015>

C. H., Smith, P., Contreras, P., & Qüense, J. (2021). Variación en la intensidad de la isla de calor urbana por efecto del cambio climático en ciudades chilenas. *Geographica*, 73, 133–154. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2021735114.

De Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo, U., & Pablo, S. E. (2021). Evolución de las islas de calor urbanas en el período 2002-2020 y su relación con las zonas climáticas locales de las comunas de Concepción, Talcahuano y Hualpén, Región del Biobío, Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/180787>

Ezpeleta, A. M., & Royé, D. (2021). Intensidad y duración del estrés térmico en verano en el área urbana de Madrid. *Geographica*, 73, 95–113. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2021735202

Garau, G. A., & Garau, J. L. (2018). La isla de calor urbana de Palma (Mallorca, Islas Baleares): avance para el estudio del clima urbano en una ciudad litoral mediterránea. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 78, 392–418. https://www.zillow.com/homedetails/2404-E-Bagnell-St-Springfield-MO-65804/50298561_zpid/

García, D. H. (2022). Impactos de la COVID-19 sobre la calidad del aire, la temperatura de la superficie terrestre y la isla de calor urbana sobre las zonas climáticas locales de la ciudad de Granada (España). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 42(2), 409–444. <https://doi.org/10.5209/aguc.85177>

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>

Garrido, G. J. L. (2023). La ciudad participativa. Formas de trabajo colaborativo aplicadas a la planificación urbana. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 150, 1–63. <https://doi.org/10.20868/ciur.2023.150.5225>

34

- Grajeda-Rosado, R. M., Levet-Nofrietta, A., Mondragón-Olan, M., & Velázquez-Sanabia, C. (2023). La importancia de la isla de calor urbano como un indicador más a tomar en cuenta en los procesos de planeación urbana en las ciudades de México. *E-RUA*, 15(3), 42–53. <https://doi.org/10.25009/e-rua.v15i03.192>
- Guerra, P. S., & Ruiz, C. H. (2021). Propuesta de un indicador para evaluar la calidad climática urbana: estudio de caso en una ciudad media mediterránea chilena. *Cuadernos de Geografía Revista Colombiana de Geografía*, 30(1), 144–157. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n1.79653>
- Jiang, H., Cui, P., Wong, N. H., & Ignatius, M. (2018). Assessing the Effects of Urban Morphology Parameters on Microclimate in Singapore to Control the Urban Heat Island Effect. *Sustainability*, 10(1), 206. <https://www.eibabo.us/slv/led-track-spotlight-2700k-black-white-downlight-spot-floodlight-1x16w-1006706-eb12631075>
- Keppas, S., Papadogiannaki, S., Parliari, D., Kontos, S., Poupkou, A., Tzoumaka, P., Kelessis, A., Zanis, P., Casasanta, G., De'Donato, F., Argentin, S., & Melas, D. (2021). Future climate change impact on urban heat island in two Mediterranean cities based on high-resolution regional climate simulations. *Atmosphere*, 12(7), 884. <https://doi.org/10.3390/atmos1207>
- Larena, I. (2022). Dinámica espacio-temporal de la isla de calor urbana en la Ciudad de México. *Urbe Arquitectura Ciudad Y Territorio*, 15, 3–18. <https://new.abb.com/products/1SDA104788R1/aux-c-1q1sy-24vdc-xt5-w>
- Larriva, M. T. B., & García, E. H. (2019). Confort térmico de adultos mayores: una revisión sistemática de la literatura científica. *Revista Española De Geriatria Y Gerontología*, 54(5), 280–295. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2019.01.006>
- Luo, F., Yang, Y., Zong, L., & Bi, X. (2023). The interactions between urban heat island and heat waves amplify urban warming in Guangzhou, China: Roles of urban ventilation and local climate zones. [Publicación en Semanticscholar]. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-interactions-between-urban-heat-islandand-heat-Luo-Yang/67ffa0a19e5a34acf064ef45d42f0664c8937e>
- Mamani, R. O. S., Soto, J. D. C., & Ruedas, E. P. (2022). Islas de calor urbano mediante imágenes satelitales en la ciudad de Juliaca durante el año 2019. *CIENCIA & DESARROLLO*, 21(1), 10–28. <https://doi.org/10.33326/26176033.2022.1.1387>
- Manzanilla-Quñones, U., Pozo-Montuy, G., Delgado-Valerio, P., Martínez-Sifuentes, A. R., & Calderón, Ó. A. A. (2020). Escenarios climáticos (CMIP-5) para la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos agropecuarios (En línea)*, 8(1). <https://doi.org/10.19136/era.a8ni.2588>
- Menacho, E. C. E., & Teruya, N. R. S. (2019). Análisis de la relación de la isla de calor urbano con factores demográficos, espaciales y ambientales de Lima metropolitana usando sensores remotos. *Anales Científicos U.N.A./Anales Científicos*, 80(1), 60. <https://doi.org/10.21704/ac.v80i1.926>
- Navarro-Estupiñán, J., Robles-Morúa, A., Caravantes, R. E. D., & Vivoni, E. R. (2020). Heat risk mapping through spatial analysis of remotely-sensed data and socioeconomic vulnerability in Hermosillo, México. *Urban Climate*, 31, 100576. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100576>
- Pablo, S. E. (2019). Intensidad de las islas de calor urbanas superficiales en las principales conurbaciones de la V región de Valparaíso y factores geográficos explicativos para el caso específico de la conurbación del gran Valparaíso. *Universidad de Chile*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173610>
- Pastor, Ó. F. (2023). Análisis de las islas de frescor en los parques de Zaragoza en invierno. *Geographicalia*, 75, 99–120. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2023757270
- Pfeiff, G. K., Da Mota, M. A. S., & De Lima, A. M. M. (2020). Revisão Sistemática atual sobre Sensoriamento Remoto aplicado a detecção de Ilhas de Calor Urbanas. *Fórum Ambiental Da Alta Paulista*, 16(5). <https://doi.org/10.17271/1980082716520202641>
- Reyes-Escobedo, M., & Aguiluz-León, J. (2023). Factores de influencia para formación de islas de

calor en la Zona Metropolitana de Querétaro. *Legado De Arquitectura Y Diseño*, 18(33), 7. <https://doi.org/10.36677/legado.v18i33.17416>

Ruiz, C. H., Smith, P., Contreras, P., & Qüense, J. (2021). Variación en la intensidad de la isla de calor urbana por efecto del cambio climático en ciudades chilenas. *Geographicalia*, 73, 133–154. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2021735114

Saez-Ujaque, D., Aquilué, I., de Balanzo-Joue, R., Fuertes, P., & Garcia-Almirall, P. (2023). Resiliencia en los planes de transformación de la ciudad posindustrial. El vacío como síntoma. Mataró como ejemplo en la región metropolitana de Barcelona. *Revista EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales*, 50(149). <https://doi.org/10.7764/EURE.50.149.06>

Sierra Contreras, K. (2020). Análisis espacial de la distribución térmica y el índice de vegetación normalizada a partir del crecimiento urbano en la ciudad de Montería para los años 2003 y 2019.

Soto-Estrada, E. (2019). Estimación de la isla de calor urbana en Medellín, Colombia. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 421-434. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.13>

Suarez, P. A., Cantón, M. A., & Correa, É. (2020). Desempeño térmico de fachadas verdes tradicionales de orientación este en viviendas seriadas emplazadas en climas áridos. *Revista Hábitat Sustentable*, 10(2), 82–93. <https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.02.06>

Toudert, D. (2022). Estratificación de la densidad urbana y seguimiento de las islas de calor: Caso de la ciudad de Tijuana. *Revista de Geografía Norte Grande*, 83, 265–283. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022022000300265>

Vásquez Arenas, J. P. (2022). *Beneficios de los modelos basados en algoritmos de aprendizaje automático para la predicción de concentraciones de PM2.5 en el Valle de Aburrá* [Tesis de maestría, Universidad de Antioquia]. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/29252/1/VasquezJuan_2022_BeneficioMachinelearningCalidaddelaire.pdf

Vista de Islas de calor urbano mediante imágenes satelitales en la ciudad de Juliaca durante el año 2019. (s. f.). *CIENCIA & DESARROLLO*. <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/1387/1697>

Zhang, X., Steeneveld, G., Zhou, D., Duan, C., & Holtslag, A. (2019). A diagnostic equation for the maximum urban heat island effect of a typical Chinese city: A case study for Xi'an. *Building and Environment*, 158, 39-50. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.05.004>