

Islas de calor urbano mediante imágenes satelitales en la ciudad de Juliaca, 2019

Gimena, Ccori Quea¹, Flor Liliana, Enriquez Quispe², Miriam Milagros, Ventura Garcia³.

¹Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP Ingeniería Ambiental Juliaca, Perú.

Resumen

El presente informe detalla la identificación y análisis de islas de calor urbano (ICU) en la ciudad de Juliaca mediante imágenes satelitales Landsat y herramientas SIG. Se realizó una comparación de imágenes térmicas del año 2019, correspondientes a los meses de mayo a agosto, con el objetivo de evaluar la evolución del fenómeno de las ICU en ese periodo. A partir de la estimación de la temperatura superficial del suelo, se identificaron zonas críticas con incrementos térmicos, especialmente en áreas con baja cobertura vegetal y alto nivel de urbanización. El análisis espacial permitió proponer estrategias de mitigación ambiental orientadas a mejorar la calidad térmica del entorno urbano mediante infraestructura verde y planificación sostenible. (Zhao, C., Sander, H. A., & Jenerette, G. D. 2018)

Palabras clave: Islas de calor, planificación sostenible, zonas críticas, temperatura superficial del suelo, imágenes satelitales Landsat, herramientas SIG.

I. Introducción

Las islas de calor urbano (ICU) son zonas dentro de las ciudades que presentan temperaturas significativamente más altas que sus alrededores rurales. Este fenómeno es ocasionado por la acumulación de calor en materiales como el asfalto, el concreto y los techos de edificaciones, que absorben radiación solar durante el día y la liberan lentamente durante la noche. La escasez de áreas verdes, el crecimiento urbano desordenado y el aumento del tránsito vehicular intensifican este proceso, afectando la calidad ambiental y la salud de la población. Entre las consecuencias más relevantes se encuentran la incomodidad térmica, el aumento del consumo energético, la reducción de la calidad del aire y el riesgo de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y golpes de calor, especialmente en grupos vulnerables. Asimismo, las ICU reducen la capacidad de adaptación de las ciudades frente al cambio climático, generando impactos negativos en los ecosistemas urbanos y en la sostenibilidad del desarrollo. (Soberón & Obregón, 2016).

En la ciudad de Juliaca, ubicada en el altiplano peruano, se ha evidenciado el desarrollo de ICU pese a su clima predominantemente frío. La expansión acelerada de zonas urbanas con superficies asfaltadas, techos metálicos y baja cobertura vegetal ha generado condiciones propicias para este fenómeno. No obstante, el monitoreo de la temperatura superficial es limitado debido a la escasa presencia de estaciones meteorológicas. Actualmente, el SENAMHI solo cuenta con dos estaciones

próximas a la ciudad: Illpa y Juliaca, ambas ubicadas fuera del núcleo urbano. Esta limitación dificulta una cobertura térmica detallada; por ello, el uso de imágenes satelitales se ha convertido en una alternativa eficaz para detectar islas de calor urbano (Soberón & Obregón, 2016).

El presente estudio tiene como objetivo identificar y comparar las islas de calor urbano en la ciudad de Juliaca utilizando imágenes satelitales Landsat correspondientes al año 2019, en el periodo seco comprendido entre mayo a setiembre. A través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se elaboraron mapas temáticos de temperatura superficial, permitiendo analizar su distribución espacial y evolución temporal. Los resultados servirán de base para proponer estrategias de mitigación ambiental orientadas a una planificación urbana más sostenible y resiliente. (Avdan, U., & Jovanovska, G. 2016)

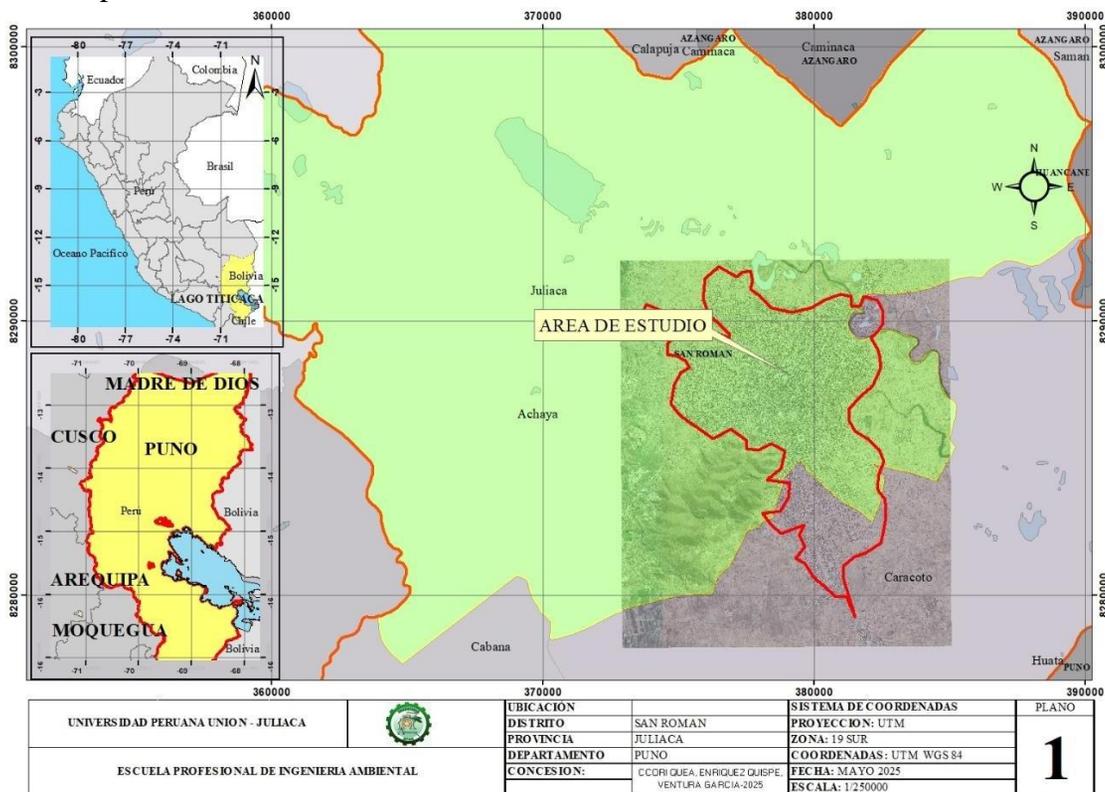
II. METODOLOGIA:

Área de estudio

La investigación se realizó en la ciudad de Juliaca (figura 1), cuya población alcanzó 228,276 personas y cuenta con 222,854 viviendas en el año 2019. (INEI, 2018)

Figura 1.

Mapa de ubicación ciudad de Juliaca



Para la identificación de islas de calor urbano mediante mapas de temperatura superficial con imágenes satelitales, se determinó la temperatura de la superficie mediante adquisición de imágenes satelitales Landsat 8 (Roy et al., 2014). Posteriormente se realizaron las correcciones radiométricas y atmosféricas en el software ArcMap (Avdan & Jovanovska, 2016). Finalmente se elaboraron los mapas de temperatura superficial. El procedimiento empleado para la obtención de temperaturas superficiales fue el planteado por Avdan & Jovanovska (2016).

Se obtuvieron las imágenes de Landsat 8 se descargaron entre 11 bandas anchas de los meses de mayo a agosto en el año 2019.

Tabla 1.

Datos y características del año 2019

Tipo de dato	Fuente	Fecha de imágenes	Bandas usadas
Imágenes Satelitales	Landsat 8 OLI/TIRS	29 de mayo 2019	BANDA 10: TERMICA
		30 de junio de 2019	
		17 de agosto de 2019	

Procedimiento de las imágenes satelitales

Paso 1: Convertir el valor digital (DN) a radiancia espectral ($L\lambda$)

Cada píxel en la banda térmica (Band 10 o Band 11) tiene un valor digital (DN), que debes convertir a radiancia utilizando la siguiente fórmula:

$$L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL$$

Donde:

- $L\lambda$: radiancia espectral ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$)
- ML: multiplicador de radiancia (viene del archivo MTL.txt)
- AL: adición de radiancia (también está en el MTL.txt)
- Q_{cal} : valor digital (DN del píxel)

Esto genera un nuevo raster de radiancia espectral de la banda térmica.

Paso 2 Convertir la radiancia a temperatura de brillo (Kelvin)

Usas esta fórmula basada en la ley de Planck invertida:

- Constantes (de nuevo en MTL.txt):

$$\mathbf{K1= 774.8853 (Band 10)}$$

$$\mathbf{K2 = 1321.0789}$$

En QGIS Raster Calculator:

Suponiendo que tu raster anterior se llama radiancia_B10:

$$1321.0789 / \log((774.8853 / "radiancia_B10@1") + 1)$$

Esto te da la temperatura de brillo (T_{brillo}) en Kelvin (no es todavía temperatura superficial).

Paso 3 Convertir la temperatura de brillo a grados Celsius

Finalmente, solo haces una resta:

$$TC = TB - 273.15$$

En QGIS Raster Calculator:

$$("temperatura_kelvin@1") - 273.15$$

Esto te da la temperatura superficial aparente en °C. Este es el mapa que podrás clasificar para identificar las islas de calor urbano.

- Cálculo del Índice de Vegetación (NDVI)

$$NDVI = \frac{B5 - B4}{B5 + B4}$$

Donde:

- El NDVI se usa para corregir el efecto de cobertura vegetal sobre la temperatura.
- NDVI alto = más vegetación = menor temperatura.

- Mapa de Islas de Calor

Clasifica el raster de temperatura en categorías:

- Bajo (<20 °C)
- Medio (20–23 °C)
- Alto (23–26 °C)
- Crítico (>26 °C)

Usa simbología graduada para representar las zonas más cálidas.

III. RESULTADOS

Resultados De 29 De mayo De 2019

Figura 2.
Mapas de temperatura superficial

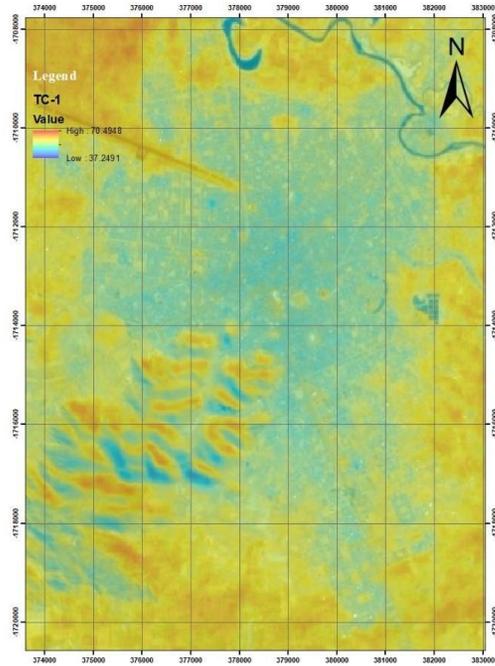


Figura 3.
Mapa de islas de calor

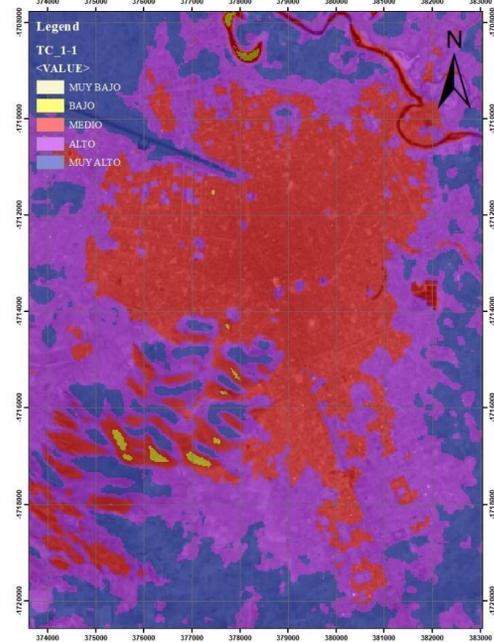
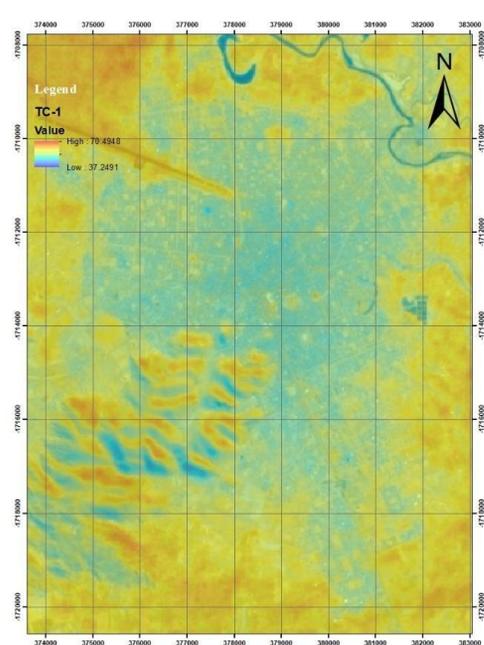
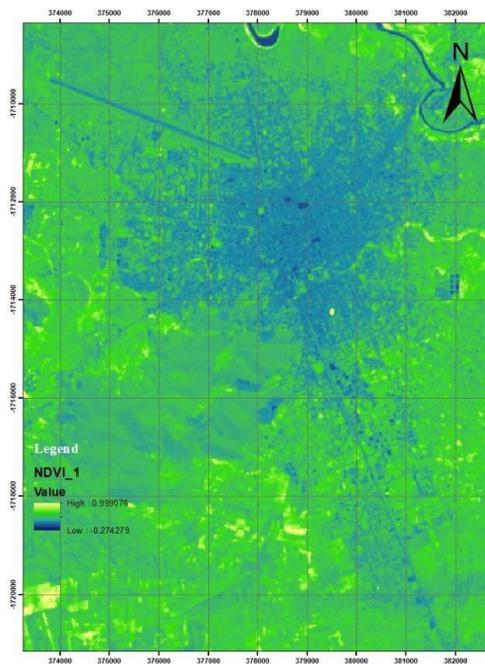


Figura 4.
Comparación NDVI vs temperatura



Resultados de 30 de junio de 2019

Figura 5.
Mapas de temperatura superficial

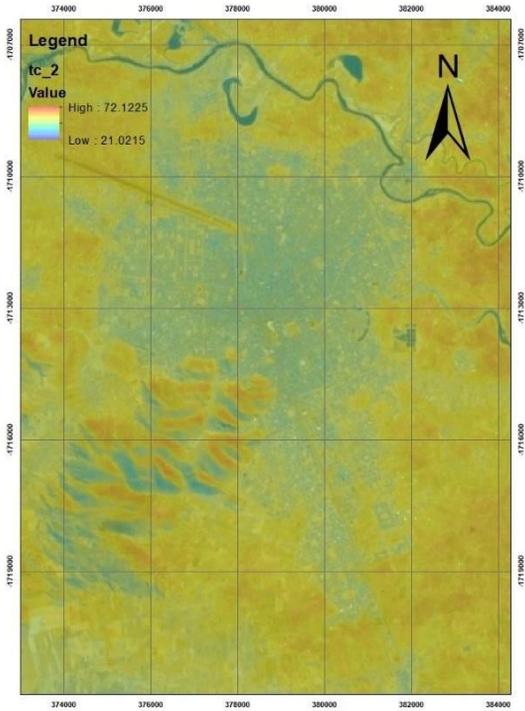


Figura 6.
Mapa de islas de calor

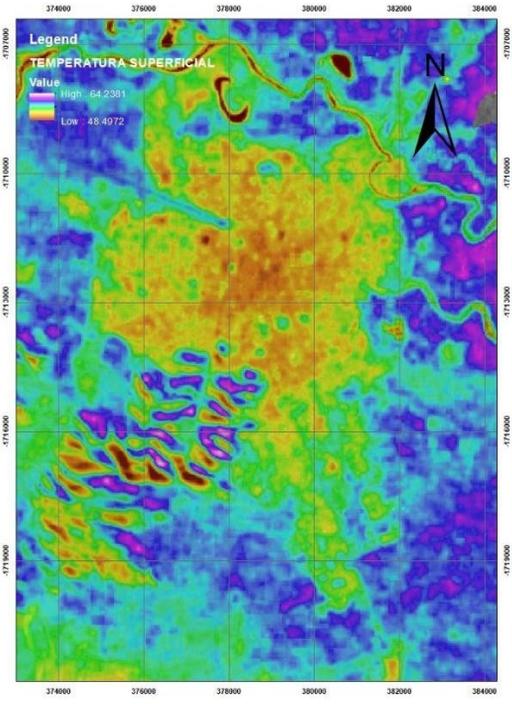
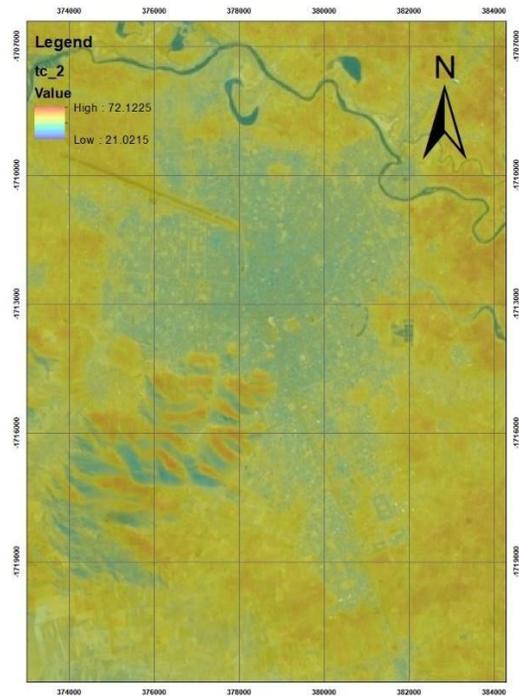
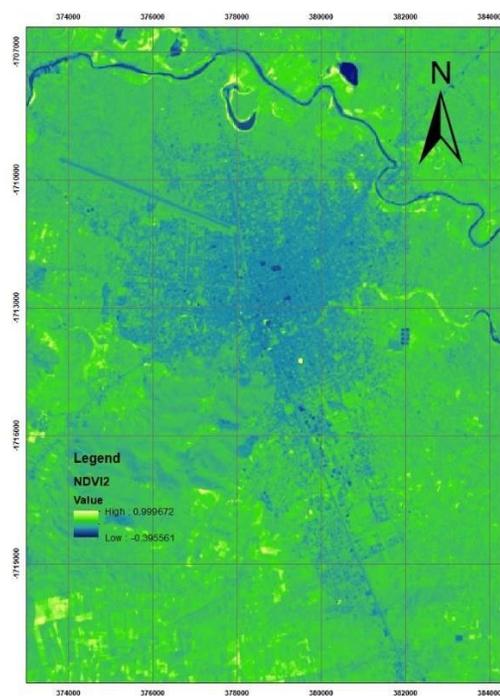


Figura 7. Comparación NDVI vs temperatura



Resultados De 17 De agosto De 2019

Figura 8.
Mapas de temperatura superficial

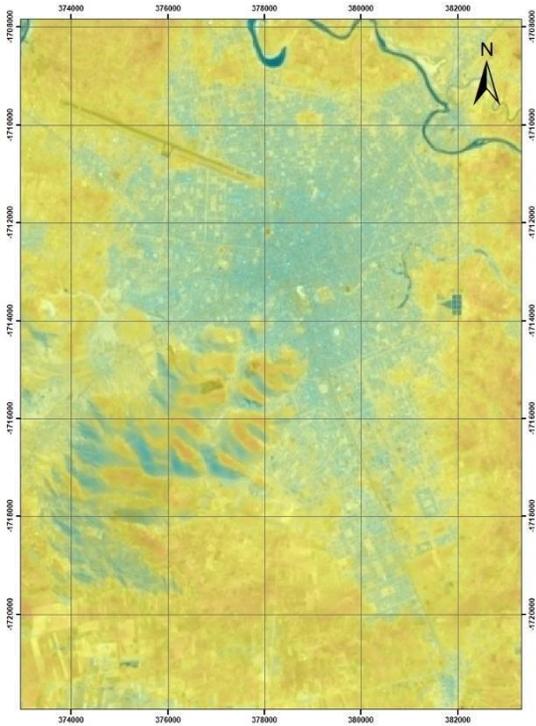


Figura 9.
Mapa de islas de calor

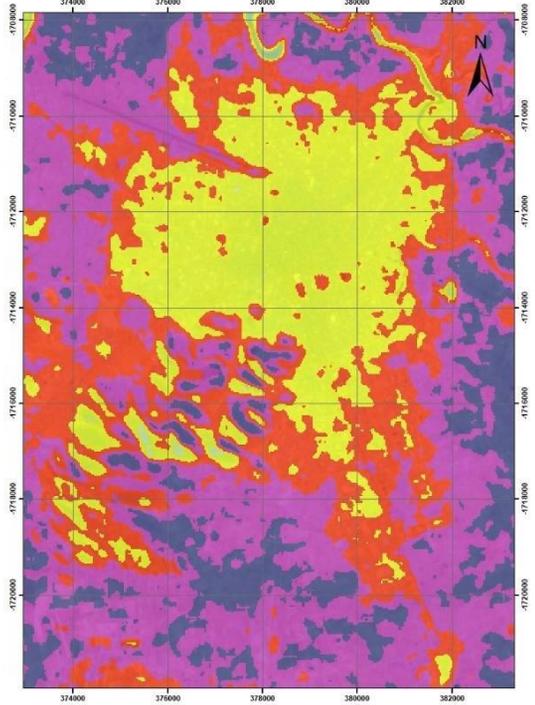
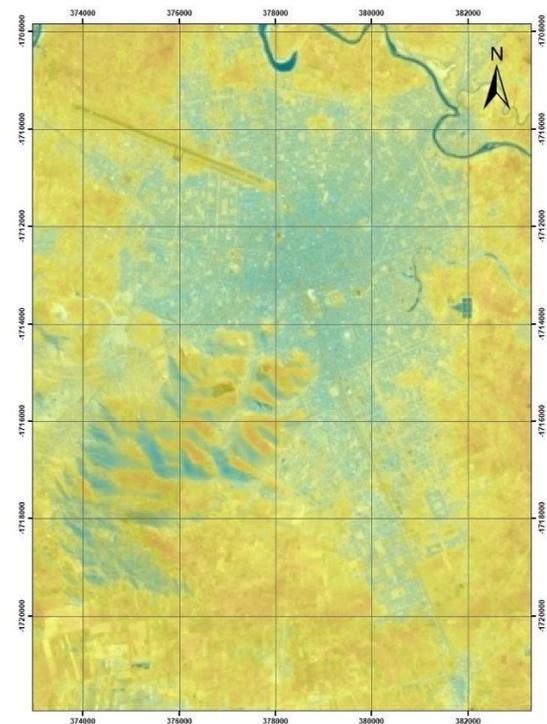
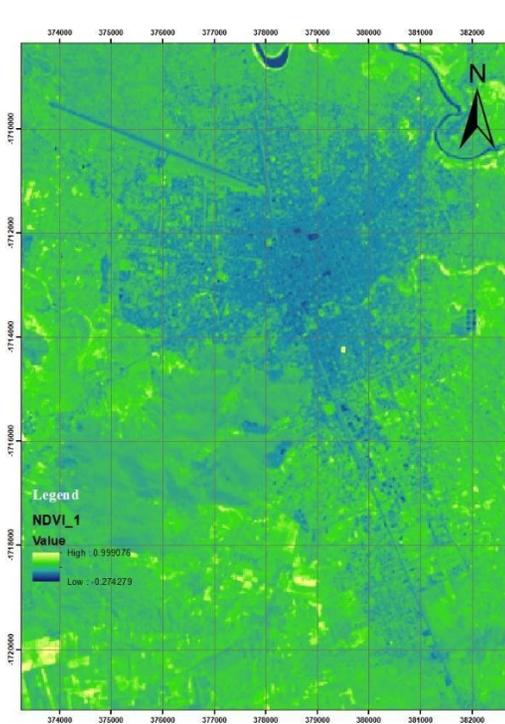


Figura 9. Comparación NDVI vs temperatura



29 DE MAYO DEL 2019

Se observaron temperaturas moderadas, con predominio de zonas clasificadas como temperatura media (20–23 °C).

Algunas áreas puntuales comenzaron a mostrar zonas críticas (>26 °C), sobre todo en el centro urbano, donde la vegetación es casi inexistente y hay alta densidad de construcciones.

El NDVI mostró valores bajos en esas zonas críticas, lo que indica poca cobertura vegetal.

Ya en mayo se empezaban a identificar focos térmicos urbanos, especialmente en zonas con mucho concreto y asfalto. El fenómeno de isla de calor estaba iniciando su presencia visible.

30 DE JUNIO DE 2019

Las zonas de calor crítico (>26 °C) se ampliaron notablemente respecto a mayo.

Las zonas periféricas urbanas empezaron a mostrar acumulación térmica, posiblemente por el avance de urbanizaciones informales o nuevos asentamientos.

En el análisis NDVI, estas áreas seguían con bajos niveles de vegetación, confirmando la correlación entre alta temperatura y bajo verdor.

A fines de junio, las ICU eran más evidentes y extendidas, mostrando que el fenómeno es dinámico y se agrava rápidamente con la pérdida de áreas verdes.

17 DE AGOSTO DE 2019

Las zonas críticas de calor (>26 °C) alcanzaron su máxima extensión en comparación con los meses anteriores.

Áreas como el centro de Juliaca y zonas urbanas densas eran los núcleos térmicos principales.

El NDVI en estas zonas mostró mínimos valores, y algunas áreas presentaban NDVI negativos o cercanos a cero, lo que representa cemento o suelo desnudo.

En el mes de agosto, representó el pico térmico del periodo seco. Las condiciones urbanas, sumadas a la baja humedad estacional y la carencia de vegetación, crearon zonas altamente vulnerables al estrés térmico, lo cual afecta directamente la salud y bienestar de la población.

Tabla 2.

Comparación de datos obtenidos

Fecha	Zonas Críticas(>26 °C)	Vegetación (NDVI)	Observación
29 de mayo 2019	Iniciales y localizadas	Baja	Inicio de ICU visibles
30 de junio de 2019	Más amplias	Muy baja	ICU en expansión
17 de agosto de 2019	Máximas y generalizadas	Mínimo o nulo	ICU en su punto más crítico

IV. Conclusión

El estudio realizado mediante imágenes satelitales Landsat 8 y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permitió identificar la presencia y evolución de islas de calor urbano (ICU) en la ciudad de Juliaca durante el periodo seco de 2019 (mayo a agosto). Se evidenció que las temperaturas superficiales más elevadas se concentran en zonas urbanizadas con escasa cobertura vegetal, superficies asfaltadas y techos metálicos, lo que confirma la influencia del crecimiento urbano no planificado sobre el aumento térmico local.

A lo largo del periodo analizado, se observó un incremento progresivo de las zonas críticas con temperaturas superiores a 26 °C, especialmente en áreas céntricas y periféricas densamente edificadas. La comparación con el índice de vegetación (NDVI) demostró una clara relación inversa entre la presencia de vegetación y la temperatura superficial: a menor vegetación, mayor temperatura.

En conclusión, el fenómeno de las ICU en Juliaca está directamente relacionado con la expansión urbana desordenada y la pérdida de áreas verdes. Estos hallazgos resaltan la necesidad urgente de implementar estrategias de mitigación ambiental, como el incremento de infraestructura verde, planificación urbana sostenible y uso de materiales térmicamente eficientes, a fin de mejorar la calidad térmica del entorno urbano y reducir los impactos negativos sobre la salud y el bienestar de la población.

V. Bibliografía

Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016).

Algorithm for automated mapping of land surface temperature using Landsat 8 satellite data.

Journal of Sensors, 2016.

<https://doi.org/10.1155/2016/1480307>

Imágenes Landsat 8.

Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., ... & Zhu, Z. (2014).

Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research.

Remote Sensing of Environment, 145, 154–172.

<https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>

Uso de Landsat 8 para análisis térmicos y ambientales.

Soberón, J. & Obregón, C. (2016).

Aplicación de imágenes satelitales para el monitoreo de islas de calor urbano en Lima Metropolitana.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Estudio peruano similar, donde se analiza el fenómeno de ICU con SIG.

Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003).

Thermal remote sensing of urban climates.

Remote Sensing of Environment, 86(3), 370–384.

[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)

Uso de sensores térmicos en climas urbanos.

Zhao, C., Sander, H. A., & Jenerette, G. D. (2018).

Socioeconomic and environmental determinants of urban heat island intensity.

Sustainable Cities and Society, 40, 486–494.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.002>

ICU con factores socioambientales como urbanización y vegetación.