

OBSERVATORIO UNIVERSITARIO METROPOLITANO DE VERACRUZ

L2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ZONA METROPOLITANA
INDICADORES ICUS Y NDVI

Contenido

Contenido	1
TEMATICA: Estudios bioclimáticos	2
Área de estudio	2
Metodología para indicadores de ICUS y NDVI	4
INDICADOR: Isla de Calor Urbano Superficial (ICUS).....	5
Introducción	5
INDICADOR: Índice de Vegetación Normalizada (NDVI)	6
Introducción	6
Bibliografía	7

RUTH MARÍA GRAJEDA-ROSADO¹
MAX MONDRAGÓN-OLÁN²

¹ Académica, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Programa Educativo Arquitectura, Boca del Río, Veracruz, México, Colaborador del Cuerpo Académico Habitabilidad y Tecnología Sustentable UVCA-440, lgrajeda@uv.mx; ORCID: 0000-0001-9961-3541.

² Académico, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Programa Educativo Arquitectura, Boca del Río, Veracruz, México, Colaborador del Cuerpo Académico Habitabilidad y Tecnología Sustentable UVCA-440 mamondragon@uv.mx; ORCID: 0000-0001-8046-3889.

TEMATICA: Estudios bioclimáticos

Área de estudio

La ciudad analizada es la ciudad y puerto de Veracruz, en el estado de Veracruz, México (Tabla 1). El municipio de Veracruz tiene una superficie de 78.82 Km², cifra que representa un 0.34 % del total del Estado. Con un clima cálido húmedo con una temperatura media anual de 25.3 °C y una precipitación pluvial anual de 1,500 mm (INAFED, 2018). Durante los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero se presenta el fenómeno conocido como "norte", que son rachas de viento provenientes del Norte, que alcanzan velocidades aproximadas desde los 50 hasta los 130 km/hra.

Según censo del 2020, la población asciende a 607,209 habitantes, con una densidad de 5,434,54 hab/km² (INEGI, 2020), siendo la más poblada de la Zona Metropolitana de Veracruz, integrada por los municipios de Alvarado - Boca del Río – Jamapa – Medellín - Veracruz.

La zona metropolitana, su uso de suelo se encuentra distribuido de la siguiente manera: a) superficie agrícola 2,766 hectáreas, de las cuales 2,241 has. ejidales y 525 has. pequeña propiedad; b) superficie ganadera 19, 379 hectáreas, donde 5,921 has. ejidales y 13, 458 has. pequeña propiedad y; c) superficie urbana 1,955 hectáreas, lo que hace una superficie total de 24,100 has (INAFED, 2018). El municipio es el centro de la dinámica económica, social y urbana de la Región Metropolitana de Veracruz (RMV), la cual tiene una posición geográfica y portuaria estratégica de manera histórica.

Tabla 1: Características de las ciudades seleccionadas para medición

Ciudad	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Clima	Población Habitantes	Superficie (Km ²)
Veracruz, Veracruz	19.1727 (19° 10' 22" N)	-96.1333 (96° 7' 60" W)	11 M	Tropical seco	609,964	96.09

Modificado y analizado del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Fuente: (INEGI, 2020)

De acuerdo con el Inventario Nacional de Viviendas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se logra obtener datos como: a) el mobiliario urbano, b) la infraestructura vial y; c) el entorno, logrando obtener la clasificación del tipo de recubrimiento dentro de las zonas urbanas. En la Tabla 2 y Figura 1, se observan las cantidades de la ciudad seleccionada.

Tabla 2: Índice de recubrimiento en suelo por ciudad

Ciudad	Índice de recubrimiento del suelo (%)			
	Alto	Medio	Bajo	No específico
Veracruz, Veracruz	46	34	13	7

Modificado y analizado de los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Fuente: (INEGI, 2020)

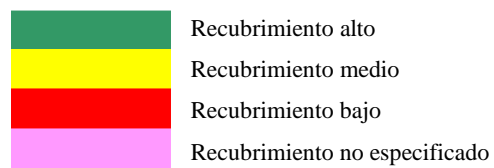
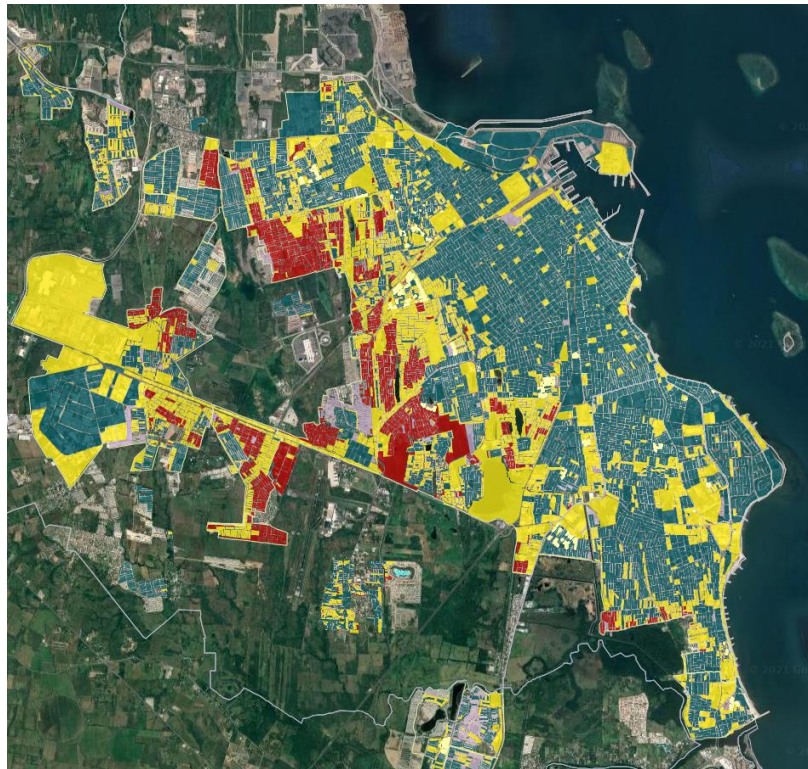


Figura 1: Recubrimiento del área de estudio. Fuente: (INEGI, 2020)

Metodología para indicadores de ICUS y NDVI

La metodología tiene como objetivo obtener los valores del Índice de Vegetación Normalizada (NDVI³) y ubicar las isotermas de la Isla de Calor Urbano superficial (ICUS), mediante la teledetección por satélite y la información de las ondas electromagnéticas de la radiación solar. Permitiendo estimar el cambio de temperatura en las superficies de envolventes pisos, pavimentos y suelo urbano (Gartland, 2012). Gracias a los avances, esta metodología ha alcanzado alta resolución para la interpretación de las isotermas de la ICUS (de la Rubia, 2020) (Buo, Sagris, Burdun, & Uuema, 2021) y los mapas del NDVI.

Para obtener la información satelital gratuita se debe ingresar la página oficial del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), previamente registrado (USGS, 2019). Los datos adquiridos pertenecen al satélite Landsat-8, los números digitales del generador de imágenes terrestres operacionales (OLI) y el MWA (Mono-Window Algorithm) traduce la temperatura superficial utilizando la banda 4, 5, 10 y 11 (Martín-Morales, 2015) (Palacios-Sánchez, et al., 2018) (Grajeda, Alonso, Esparza, & Escobar, 2019).

Estas imágenes infrarrojas térmicas pasan posteriormente a un procesamiento con un software de tipo SIG. El procesamiento y cálculo en ArcGis se obtiene gracias a la herramienta Raster Calculator, con los siguientes valores:

1. Radiancia de las imágenes térmicas.
2. Temperatura de Brillo de Suelo
3. Índice de Vegetación Normalizada (NDVI)

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Donde:

NIR = Luz del infrarrojo cercano que es la información de la Banda 5 del Satélite LandSat

Red = Luz roja visible que es la información de la Banda 4 del Satélite LandSat

4. Porcentaje de Vegetación
5. Emisividad de Superficie del Suelo
6. Temperatura de la Superficie del Suelo

$$TSS \text{ o } ICUS = \frac{TB10 \text{ u } 11}{1 + TB10 \text{ u } 11} \times LSE$$

Donde:

TB = Temperatura de Brillo de Suelo de las bandas térmicas 10 y 11

LSE = Emisividad del suelo

Por último, todos los mapas obtenidos con el Software ArcGis tiene una tabla de atributos por indicador, que se pueden exportar gracias a las herramientas de conversión, y con ello las tablas son procesadas en hojas de cálculo como Excel.

Para más información, esta metodología fue publica en la revista **In Materials Science and Engineering Conference Series**, con el artículo titulado *Mapping the LST (Land Surface Temperature) with Satellite Information and Software ArcGis* (Rosado, et al., 2020)

³ El Índice de vegetación de diferencia normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Este valor oscila entre -1 a +1.

INDICADOR: Isla de Calor Urbano Superficial (ICUS)

Introducción

Los investigadores coinciden que las problemáticas asociadas a la Isla de Calor Urbano⁴, son el aumento de la energía; que genera gases de invernadero, contaminación e incremento en los índices de mortandad a causa de estrés por las altas isoterma que sufren los residentes de manera más prolongada y continua (Li, et al., 2018).

Dentro de las líneas de estudio de la climatología, está la climatología urbana, enfocada en las mediciones de variables atmosféricas dentro de los asentamientos urbanos a microescala, como son las viento, humedad relativa y temperatura, creando con esta última mapas térmicos. Su aplicación es relevante en los temas relacionados con la planificación, la calidad ambiental y los riesgos climáticos los cuáles afectan a las ciudades, permitiendo la rehabilitación, la reestructuración o reconstrucción de estas para el confort de sus habitantes (Parsaee, 2019).

Varios son los factores que alteran la ubicación de las isoterma⁵ y sus ponderaciones, entre ellas están las propiedades físicas y térmicas de las superficies. La evapotranspiración de suelo, la morfología urbana, la densidad de construcción, relaciones de aspecto, usos de suelo y el calor antropogénico (Q_F) son otros factores que también alteran la isoterma.

El presente documento contiene la base de datos obtenidos con la metodología de teledetección satelital de la **ICU Superficial**, una variante de medición de la ICU de la ciudad y puerto de Veracruz durante los años 2019 y 2020.

⁴ El fenómeno de la Isla de Calor Urbano se refiere a los incrementos de temperaturas en diferentes ubicaciones, mostrando un mayor pico de temperatura en los centros de las ciudades en comparación de sus alrededores

⁵ La isoterma es la línea que une los vértices, en un plano cartográfico, que presentan las mismas temperaturas en la unidad de tiempo considerada.

INDICADOR: Índice de Vegetación Normalizada (NDVI)

Introducción

La radiación solar absorbida por las superficies en los entornos urbanos (envolventes y superficies de rodamiento) ocasiona elevaciones la Isla de Calor Urbana Superficial (ICUS) de 10-30 °C más altas que la temperatura del aire ambiente.

Una medida de mitigación para la ICU y la ICUS es la evapotranspiración; la cual se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación (Weng, Lu, & Schubring, 2004).

Nichol y Wong (2005) indican que la tasa de evaporación en las áreas urbanas se vuelve un factor para el control de la temperatura, tanto con la evaporación como por el sombreado, puesto que las áreas sin vegetación transfieren mayor radiación a la capa de dosel urbano.

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es una medida que se utiliza para conjugar variables como: cantidad de cobertura vegetal en la superficie, análisis térmico de las capas atmosféricas en el día y la noche, evaluación de las temperaturas de la capa superficial, albedo de las superficies, contenido de agua superficial del suelo y porcentaje de superficie impermeable.

El NDVI ha permitido estimar como la vegetación emite o refleja la radiación, es por tanto que este valor es un rango que oscila entre el -1 al +1, donde el -1 es un área totalmente libre de vegetación (desértica o cuerpo de agua) y el valor +1 refleja zonas con árboles con copa grande.

Trabajos aportan que la estructura y composición florística de los parques produce diferencia de temperaturas ambientales hasta de 5 °C en correspondencia con sus alrededores próximos (Barradas, 2016). Es por tanto que, para el confort higrotérmico de los habitantes urbanos, la Organización Mundial de la Salud (OMS), sugiere que por cada habitante debe haber una dotación de 9m² de área verde, para balancear el comportamiento energético de las ciudades y con ello asegurar el confort higrotérmico en los espacios exteriores (Kuk, Trujillo, Albarado, & Merino, 2019).

Bibliografía

- Barradas, V. (2016). La isla de calor urbana y la vegetación arbórea. *UNAM, Oikos Publicación del Instituto de Ecología*, 1-4.
- Buo, I., Sagris, V., Burdun, I., & Uuemaa, E. (2021). Estimating the expansion of urban areas and urban heat islands (UHI) in Ghana: a case study. *Natural Hazards*, 105(2), 1299-1321. doi:10.1007/s11069-020-04355-4
- de la Rubia, E. A. (2020). Caracterización de la isla de calor urbana en el campus de la UAM por medio de teledetección. *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 26, 4.
- Gartland, L. M. (2012). *Heat islands: understanding and mitigating heat in urban areas*. (T. & Francis, Ed.) New York: Routledge.
- Grajeda, R., Alonso, E., Esparza, C., & Escobar, C. (2019). Simulación del comportamiento térmico en exteriores urbanos correlacionando las variables de calor antropogénico vehicular y orientación. *ECORFAN Journal-Spain*, Aprobado para publicación.
- INAFED. (2018). *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México*. Recuperado el 15 de octubre de 2021, de <http://www.inafed.gob.mx>
- INEGI. (2020). *Censo de población y vivienda*. Recuperado el 15 de octubre de 2021, de <http://cuentame.inegi.org.mx>
- INEGI. (2020). *Espacio y datos de México*. Obtenido de Inventario Nacional de Viviendas : <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/>
- Kuk, G., Trujillo, R., Albarado, J., & Merino, F. (2019). Áreas verdes urbanas en Córdoba, Veracruz, cantidad, ubicación y acceso: un análisis ortogonal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(7), 1565-1578. doi:10.29312/remexca.v10i7.1907
- Li, H., Zhou, Y., Li, X., Meng, L., Wang, X., Wu, S., & Sodoudi, S. (2018). A new method to quantify surface urban heat island intensity. *Science of the total environment*(624), 262-272. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.11.360
- Martín-Morales, G. (2015). *Protocolo para la obtención de la Temperatura de la Superficie Terrestre a partir de datos Landsat y Modis*. La Habana: Instituto de Geografía Tropical. Obtenido de http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/584/1/Protocolos%20No%206_TST%20con%20Landsat%20y%20MODIS.pdf
- Nichol, J., & Wong, M. (2005). Modeling urban environmental quality in a tropical city. *Landscape and Urban Planning*, 73(1), 49-58.
- Nichol, J., & Wong, M. (2005). Satellite remote sensing for detailed landslide inventories using change detection and image fusion. *International journal of remote sensing*, 26(9), 1913-1926. doi:10.1080/01431160512331314047
- Palacios-Sánchez, L., Paz-Pellat, F., Oropeza-Mota, J., Figueroa-Sandoval, B., Martínez-Menez, M., Ortiz-Solorio, C., & Exebio-García, A. (2018). Corrector atmosférico en imágenes Landsat. *Tierra Latinoamericana*, 36(4), 309-321. doi:10.28940/terra.v36i4.232
- Parsaee, M. J. (2019). Urban heat island, urban climate maps and urban development policies and action plans. *Environmental technology & innovation*, 14, 100341. doi:10.1016/j.eti.2019.100341
- Rosado, R., Guzmán, E., Molina, W., Arroyo, J., López, C., & García, H. (2020). Thermal Analysis of the Urban Canyon Based on the Variables: Orientation, Wind and Vehicular Anthropogenic Heat. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 811(1), 012044.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 467-483. doi:10.1016/j.rse.2003.11.005