

ACE 39

Electronic offprint

Separata electrónica

ISLAS DE CALOR EN LA ZONA CONURBADA DEL RÍO PÁNUCO

Mireya Alicia Rosas Lusett

Cómo citar este artículo: ROSAS-LUSETT, M. *Islas de calor en la zona conurbada del río Pánuco* [en línea] Fecha de consulta: dd-mm-aa. En: ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno, 13 (39): 63-74, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.13.39.5359> ISSN: 1886-4805.

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

ACE 39

Electronic offprint

Separata electrónica

HEAT ISLANDS IN THE CONURBATION OF THE PANUCO RIVER

Key words: Land Sat8; vegetation; waterproof surfaces

Structured abstract

Objective

To identify the heat islands in the urban area of Pánuco River through studies of air temperature at night, identification of urban morphology and the albedo of the surface.

Methodology

The bibliographical and cartographical studies were realized. The routes of the municipalities of Altamira, Tampico, Madero and Pueblo Viejo were traced after the transportation analysis in the city plan. Isotherms were drawn, a result of the transect route. The satellite image of Land Sat8 from August 2014 was worked on in Qgis to identify the temperatures of the surfaces. The urban morphology was identified where the heat islands were located.

Conclusions

Air temperature with the identification of the morphology of the urban area and the use of satellite images allowed a more precise location of the heat islands in the urban area of Pánuco River, highlighting the industrial area in Madero and Altamira as the areas with the most energy emission contributed to the heat islands, as well as Tampico's golden zone (the commercial area): Hidalgo Avenue and its large 1-5 story buildings, with building materials such as concrete, brick, stone and tile, big asphalted areas of commercial parking lots, with little to no trees; the new social interest residential lots in Altamira with a small housing density of one and two levels with extensive water-resistant surfaces with little to no green areas.

Originality

The identification of heat islands in the urban area of Tampico will serve town planners to program cities with sustainable urban strategies. Where the uses of the soil related to urban morphology, vehicular movement and outdoors activities which generate different energy values are considered when projecting in the cities.

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

ISLAS DE CALOR EN LA ZONA CONURBADA DEL RÍO PÁNUCO

Mireya Rosas-Lusett ¹

Remisión inicial: 18-10-2017

Aceptación inicial: 05-06-2018

Remisión definitiva: 02-10-2018

Aceptación definitiva: 20-12-2018

Palabras clave: LandSat8; vegetación; morfología urbana

Resumen estructurado

Objetivo

Identificar las islas de calor en la Zona Conurbada del río Pánuco mediante estudios de temperatura del aire en la noche, identificación de morfología urbana y el albedo de las superficies.

Metodología

Se realizó estudio bibliográfico y cartográfico. Se trazaron los recorridos, posterior al análisis de vialidades en el plano urbano de los municipios de Altamira, Tampico, Madero y Pueblo Viejo. Se dibujaron las isotermas, resultado del recorrido por los transectos. Se trabajó la imagen satelital de Land Sat8 de agosto del 2014 en Qgis, para identificación de temperaturas de las superficies. Se identificó la morfología urbana donde se localizaron las islas de calor.

Conclusiones

La temperatura del aire con la identificación de la morfología del área urbana y el uso de imágenes satelitales permitió tener una ubicación más precisa de las islas de calor en las zona metropolitana del río Pánuco, destacándose la zona industrial en Madero y Altamira como las áreas que mayor emisión de energía aportan a las islas de calor, así como la zona dorada de Tampico (área comercial): la Avenida Hidalgo y sus grandes edificios de uno a cinco niveles, con materiales de construcción como concreto, ladrillo, piedra y azulejo, grandes áreas asfaltadas de estacionamientos comerciales, con pocos o ningún árbol; los nuevos fraccionamientos de interés social en Altamira con baja densidad de vivienda de uno y dos niveles y extensas superficies impermeabilizadas, con pocas o sin áreas verdes.

Originalidad

La identificación de las islas de calor en la zona metropolitana de Tampico, servirá a urbanistas para planificar las ciudades con estrategias urbanas sostenibles. Donde los usos de suelo relacionados con la morfología urbana, movilidad vehicular y actividades al aire libre, que generan diferentes valores energía se consideren al proyectar en las urbes.

¹ Dra. en Ámbitos de la Investigación de la Energía y el Medio Ambiente. Investigadora-Catedrática de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. Correo electrónico: m.rosas@docentes.uat.edu.mx

1. Introducción

El desarrollo de las nuevas infraestructuras de movilidad, propiciadas por el intenso uso del automóvil, permite una gran accesibilidad en todos los lugares del planeta, y han sido la vanguardia de un proceso de urbanización. Esto ha generado una extensa ocupación de los territorios con asentamientos humanos de mediana y baja densidad, la dispersión en las ciudades, el aislamiento de los espacios naturales con la impermeabilización y sellado de grandes superficies de suelo, la pérdida de la biodiversidad, la distorsión del ciclo hídrico, desaparición de valores paisajísticos y el aumento de las islas de calor.

Actualmente se han realizado numerosos estudios de las islas de calor, destacándose los trabajos de: Martin Vide *et al.* (1991) que revelan los componentes del balance de radiación entre la superficie y la atmósfera; Stewart and Oke (2012), establecen 17 categorías entre paisajes urbanos y rurales, sus resultados muestran las diferencia entre la altura y la distancia de los edificios, el porcentaje de superficie permeable, la densidad de árboles y la humedad del suelo. Chrysoulakis (2003), determinó que las imágenes multiespectrales de ASTER dan resultados más exactos que los métodos convencionales de monitoreo del entorno urbano. Sobrino *et al.* (2012), demostraron que se necesitan resoluciones espaciales superiores a 50 m para estimar el efecto de la isla de calor urbano a nivel de distrito. Weng, Lu and Schubring (2004); demostraron que medir sólo la vegetación, separada de otras superficies, tiene una relación más directa con la radiación y la humedad de la superficie terrestre.

2. La influencia de los cuerpos de agua, la vegetación, la morfología urbana y sus materiales en las islas de calor

Chandler (1965) señala que la forma de la isla de calor en la ciudad es afectada por los volúmenes acuáticos y espacios abiertos presentes en los grandes parques como Hyde Park; St. James o Kensington Gardens. Moreno (1993), menciona que los factores urbanos que condiciona la forma de la isla de calor son los parques, jardines, áreas arboladas o con vegetación y grandes espacios abiertos; los sistemas fluviales compuestos por mar, ríos, lagunas, marismas, pantanos y masas de agua artificiales como lagos, estanques y presas entre otros, y las grandes áreas comerciales, industriales y edificaciones de gran densidad, que también aportan energía y modelan la isla de calor

De las características morfológicas, la densidad de edificaciones condiciona el desarrollo y forma de la isla de calor. La alta densidad de edificaciones con poca amplitud entre los cañones, presentan zonas cálidas al fondo del cañón, al contrario de los espacios verdes y acuáticos. La geometría que presentan las calles y edificaciones (cañones urbanos) facilita que la radiación solar incidente sufra múltiples reflexiones en las fachadas y techos y en el suelo. La emisión de la radiación de onda larga hacia la atmósfera es menor, ya que queda atrapada por los edificios y calles por lo que se produce una disminución en las pérdidas nocturnas del calor por irradiación. Debido al pequeño valor del factor de visión del cielo (sky view factor).

Los elementos que componen la ciudad formados por diferentes materiales, cada uno tiene un comportamiento energético que está en función de su propiedades térmicas u ópticas que

impactan en el microclima local. La capacidad de reflejar la radiación solar recibida se le llama albedo o reflectancia solar, es una de las características de los materiales que mayor impacto tiene sobre la temperatura del aire. Alchapar y Correa (2015) demostraron que la selección adecuada de las envolventes contribuye a disminuir las temperaturas de la ciudad, por lo que afirma que a escala urbana la temperatura superficial de un material puede disminuir hasta 3°C la temperatura del aire y 12°C la temperatura de las superficies.

3. Estudio de caso, islas de calor en Tampico y Madero

La sustitución del suelo asociado con la urbanización ha sido una de las transformaciones más impactantes en el cambio climático. El estudio de la de temperatura superficial nos da una idea para la planificación y mitigación de las islas de calor. La forma y tamaño de este fenómeno varía en el tiempo y en el espacio como resultado de las características meteorológicas locales y urbanas.

En las ciudades de Tampico y Madero existe el estudio realizado por Evans, J. y Schiller, S. (2005), que registró una variación de temperatura de 4 grados, siendo la mínima registrada de 26°C en la playa Miramar, 27°C en el río Pánuco y la laguna del Carpintero y 29°C en el centro urbano de ciudad Madero y la zona más densa del centro de Tampico presentó temperaturas de 30°C. Rosas *et al.* (2016) comprueban que el humedal de la Laguna del Carpintero de Tampico tiene una influencia a una distancia de 450m, presentando una diferencia de temperaturas con el área urbana de 3°C.

Se consideró necesario realizar un estudio que comprendiese una escala mayor, como la zona conurbada del río Pánuco, donde se encuentra al Norte, Altamira con una extensión territorial de 6,414.8 ha y 191,541 habitantes, al Sur se ubica Tampico con una extensión 5,096.7 ha y 297,284 habitantes, al Este Ciudad Madero con una extensión 4,339.1 ha y 197,216 habitantes, al sur cruzando el río Pánuco en el estado de Veracruz se localiza Pueblo Viejo con 1,691.4 ha y 52,592 habitantes. La zona se encuentra rodeada de importantes cuerpos de agua, lagunas, ríos y costa; ubicada en medio de elementos hidrológicos, el sistema fluvial del Panuco sobre cuya ribera Norte se emplaza las ciudades de Tampico, Madero y Pueblo Viejo, un conjunto lacustre y el litoral del Golfo de México.

4. Metodología

El estudio de las islas de calor por medio del recorrido de transectos urbanos es la técnica más usada en Europa, Estados Unidos y Japón; el uso de imágenes satelitales es una técnica más nueva que asocia sus resultados con el reconocimiento de la morfología urbana. Para este estudio, se realizó el levantamiento de campo en agosto del 2016 con transectos establecidos para las mediciones de temperatura del aire y se trabajaron las imágenes satelitales de LandSat8 de agosto del 2014 en QGis, se procesaron para comparar la emisividad de las superficies con los resultados de temperatura del aire de la zona Metropolitana del río Pánuco que comprenden del estado de Tamaulipas los municipios de Altamira, Tampico y Madero y de Veracruz el municipio de Pueblo Viejo.

4.1 *Estudio temperatura del aire por medio de transectos*

Para la elaboración del trabajo de campo se trazaron los recorridos, posterior al análisis de vialidades en el plano urbano de Altamira, Tampico, Madero y Pueblo Viejo. Para el diseño se consideró que éstos deberían atravesar las ciudades en varias direcciones, de tal forma que cubrieran una amplia zona del área de estudio.

Se tuvo en cuenta las zonas más densamente pobladas, despejadas, cuerpos de agua y abundante vegetación, las direcciones y el sentido de las calles y avenidas para poder circular en los automóviles.

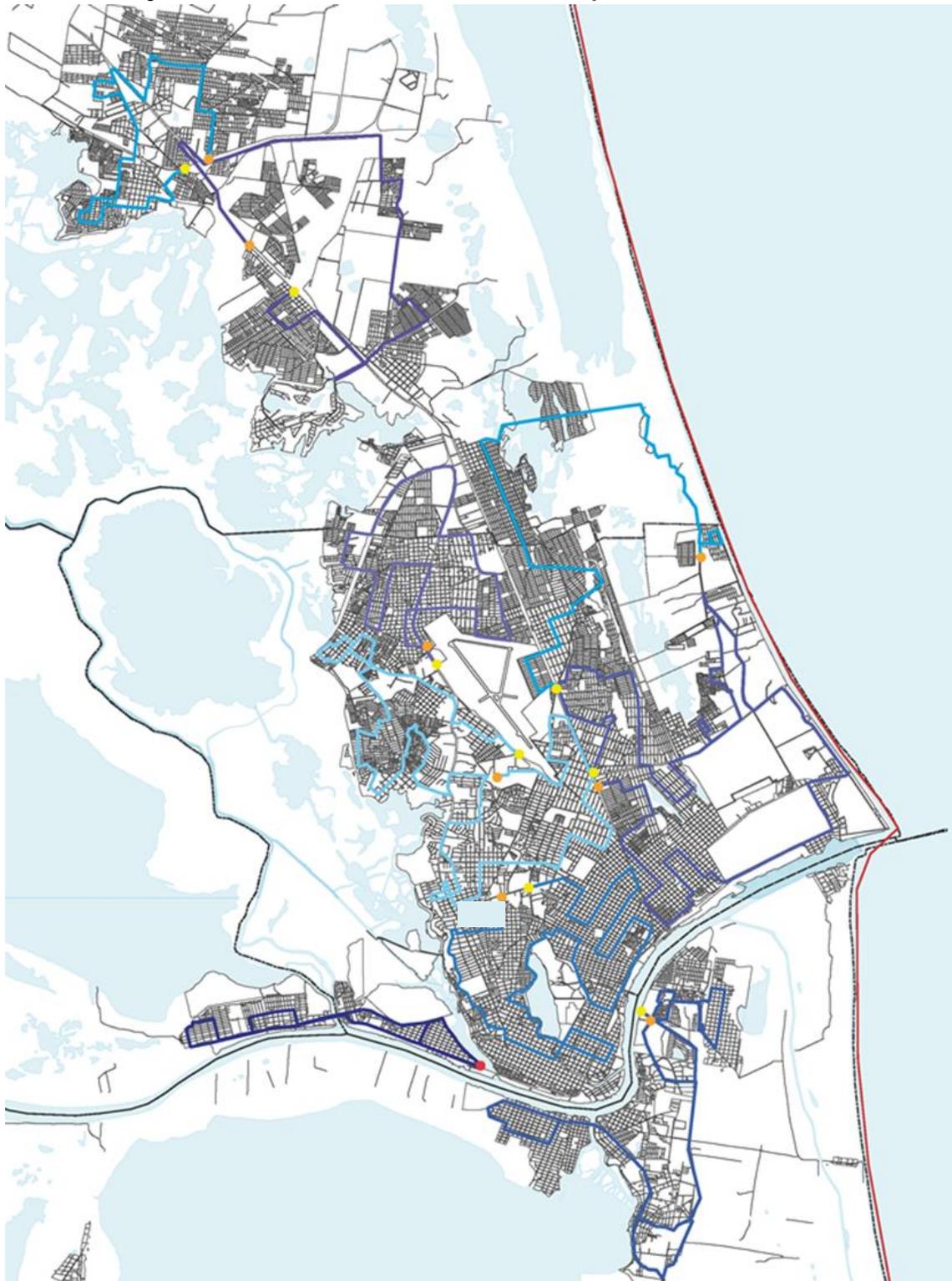
Se diseñaron nueve transectos con trazados diferentes con los nombres de T.1-Moralillo, T.2-Pueblo Viejo, T.3-Carpintero, T.4-Madero, T.5- Miramar, T6-UAT, T.7-Divisoria, T.8-Altamira T.9-Altamira2. Como se muestran en la Figura 1. Los diferentes colores de líneas azules representan cada recorrido. Los puntos amarillos indican el inicio del recorrido y el naranja el final de cada recorrido.

Los transectos alcanzan una longitud de 204.6 km y en ellos se distribuyeron un total de 227 puntos de medición, cantidad que permite disponer de una amplia malla de puntos suficientemente densa, se cuenta en promedio con una observación térmica a cada 757 m. Los nueve transectos se cortan entre sí en diversos lugares del territorio de estudio, de tal forma que algunos puntos corresponden a dos o más transectos, con lo cual se dispone de varias medidas térmicas en un mismo lugar.

Los recorridos se realizaron en la época cálida del verano, el 22 de agosto del 2016, iniciaron a las 20 horas y finalizaron a las 22 horas. En este horario es cuando se presenta mayormente el fenómeno de la isla de calor. Los materiales como el cemento, ladrillo, hormigón, asfalto, piedra y grava, tienen mayor capacidad calorífica y conductividad térmica son buenos almacenadores de calor. Durante el día, se calientan más que el suelo natural o cubierto por vegetación, y durante la noche se enfrían más despacio a diferencia del suelo rural o con vegetación, por lo que el aire urbano en contacto con los materiales de construcción se enfría lentamente durante la noche.

En el levantamiento de campo se midió la temperatura del aire y humedad en los transectos establecidos, utilizando para esto Dataloggers marca Onset Hobo U-12, con un intervalo de 10 segundos, iniciando todos a partir de las 20:00, por estar sincronizado su arranque. Se recolectó la información de los diez aparatos de medición, posteriormente se analizó y clasificó la información; con base de estos datos se ubican los diferentes puntos y sus temperaturas y se realizaron con el programa QGIS las isotermas, que sirvieron como base para las islas de calor encontradas.

Figura 1. Nueve transectos en la Zona Metropolitana del río Pánuco



- Inicio de recorrido en transectos
- Término de recorrido en transectos

Fuente: Elaboración propia del equipo de trabajo

4.2 Estudio con imágenes satelitales LandSat8

Se utilizan las imágenes de LandSat8 para detectar la emisividad de los diferentes suelos del tejido urbano, dando una ubicación más precisa del comportamiento de las diferentes superficies del área de estudio.

Para el uso de las imágenes Landsat8 con el programa Qgis, se inició con la descarga de la información de INEGI del producto denominado la “Cartografía Geoestadística Urbana. Cierre de censos económicos 2014, DENU 01/2015”, (Tamaulipas) es la presentación vectorial de los principales rasgos urbanos (polígono de Localidad Urbana, AGEB, manzanas, ejes de vialidad, frente, esta información en formato SHP.

Se cargaron los shapes de ubicación del área de estudio en el software QGIS 2.14.3., para visualizar y establecerla con OpenStreetmap, se propusieron los parámetros de búsqueda con el Semi-Automatic Classification Plugin. De un grupo de imágenes, se eligió la considerada como idónea, verificándose el porcentaje de nubosidad, que la zona de interés estuviera libre de nubes, que la malla (paht/row) perteneciera a la zona de estudio quedando la imagen del día 14 de agosto del 2014.

Se preestableció la corrección atmosférica y la temperatura satelital en grados Celcius. Se verifico que la banda 10 se descargara correctamente, además se utilizaron las bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7. Posteriormente se identificaron los diferentes suelos, con cubierta vegetal, arena, baldíos, cuerpos de agua, superficies impermeables: edificaciones y pavimentos.

Para la estimación de la temperatura superficial, se clasificaron las bandas de entrada de la 2 a la 7; se generaron los ROIs y se reclasificación las coberturas de suelo con los siguientes valores, construido con 0.94, vegetación con 0.93, poca vegetación con 0.98, agua con 0.98 y arena con 0.9 de emisividad. Para la conversión de la temperatura superficial se aplicó la fórmula:

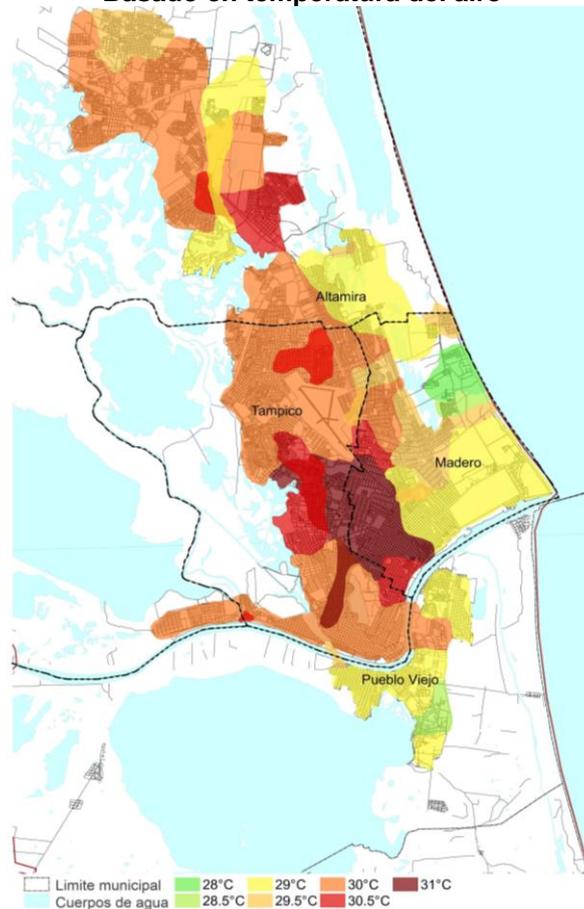
$$Ts = \frac{b}{1 + \left(\frac{10.8b}{14380}\right) \ln(a)}$$

En donde b y a se corresponden a los valores de emisividad y banda térmica de acuerdo a los reportados por Oke (1987), utilizando la reclasificación de los valores de emisividad y la banda térmica 10, con esto se obtuvo el mapa de temperatura superficial que se observa en la Figura 7, realizado por la investigadora.

5. Islas de calor en los municipios de Altamira, Tampico, Madero y Pueblo Viejo

En Tampico se registran con temperatura del aire de 30° y 31°C, en Altamira con 29 y 30°C. En Pueblo Viejo, Veracruz y Ciudad Madero se presentan las más bajas temperaturas del aire con 28°C. La ciudad de Tampico presentó las más altas temperaturas del aire y Pueblo Viejo las más bajas con 3°C de diferencia, como se muestran en la Figura 2.

Figura 2. Islas de calor de la Zona conurbada del río Panuco.
Basado en temperatura del aire



Fuente: Elaboración propia del equipo de trabajo.

5.1 Perfil térmico de la Avenida Hidalgo en verano

La Avenida Hidalgo inicia al sur de Tampico a partir de la Plaza de las Artes (Figura 3), donde la temperatura es de 30°C, se encuentra el edificio de Milenio, la preparatoria Medina Cedillo y no existen áreas verdes, el Auditorio Municipal de Tampico, supermercado Arteli y la iglesia de Santo Ángel, desde este punto y hasta la zona cercana al cementerio municipal Jardín del Rosario junto a Wal-Mart Alijadores la temperatura aumenta a 31°C, en este lugar se encuentra comercio menor y viviendas las cuales ocupan hasta el 80% de superficie construida por lote en su mayoría de dos niveles desde este punto y hasta el hotel Camino Real la temperatura desciende a 30°C en este lugar se observan comercio menor y viviendas de dos niveles con 50% a 60% de área construida por lote con un mayor número de áreas verdes. A partir de este punto la temperatura aumenta hasta llegar a Sam's Club donde de nuevo alcanza los 30.5°C en este sitio se encuentran zonas comerciales como Toyota Tampico, Bodega Aurrera, Macusa, Volkswagen, entre otros, desciende a 30°C en la zona norte del aeropuerto el cual cuenta con una gran superficie permeable. En las colonias del norte aumenta a 30.5°C y desciende en el sur de Altamira dónde se encuentran comercios dispersos como Kenworth, MN del Golfo, Maseca entre otros; se incrementa nuevamente en la colonia Monte Alto que se ubica frente a la zona industrial de Altamira y decrece a 30°C en las afueras de la ciudad.

5.2 Temperatura en el perfil del corredor Luis Donaldo Colosio en verano

El corredor Luis Donaldo Colosio (Figura 4), inicia en la zona sur de Cd Madero, en el cruce de Luis Donaldo Colosio con la Avenida Tamaulipas, donde se registra una temperatura de 29.5° C en esta área se localizan la colonia “Miramápolis”, la Subdirección de Distribución y una gasolinera pertenecientes a PEMEX, un kilómetro más adelante disminuye a 28.5°C, este sitio en un radio de 500m cuenta con 78.54 ha de las cuales un 10% es superficie impermeable que pertenece al Hotel Plaza Miramar, la gasera Astrogas, una gasolinera (PEMEX), una sección de la colonia Miramar y las estaciones de servicio Nexum. La temperatura continúa descendiendo hasta los 28° a la altura de la colonia Independencia en donde la vivienda es dispersa del tipo autoconstrucción, al llegar al Fraccionamiento 17 de Enero nuevamente se incrementa de 28° C a 29.5° C en este lugar la tipología de vivienda es de dos niveles cuenta con una superficie de 3.75 ha de los cuales el 5% son áreas verdes, aumenta a 30° C al llegar al distribuidor vial de la carretera al puerto industrial y la carretera Tampico Mante en este punto se encuentra el CRIT Tamaulipas además de varias colonias como la Venustiano Carranza, los Laureles e Industrial Guerrero, en las cuales la tipología de vivienda es de uno y dos niveles y se encuentra emplazada de forma dispersa, por ultimo desciende a 29° C en el cruce de la carretera a puerto industrial y el camino antiguo a Medrano en donde en un radio de 500 m y un total de 78.54 ha de los cuales el 12% pertenece a un área construida por autotransporte y logística integrada de las huastecas, transportes de carga Altamira y Almacenes Isaosa.

Figura 3. Perfil térmico, Av. Hidalgo - carretera Tampico-Mante

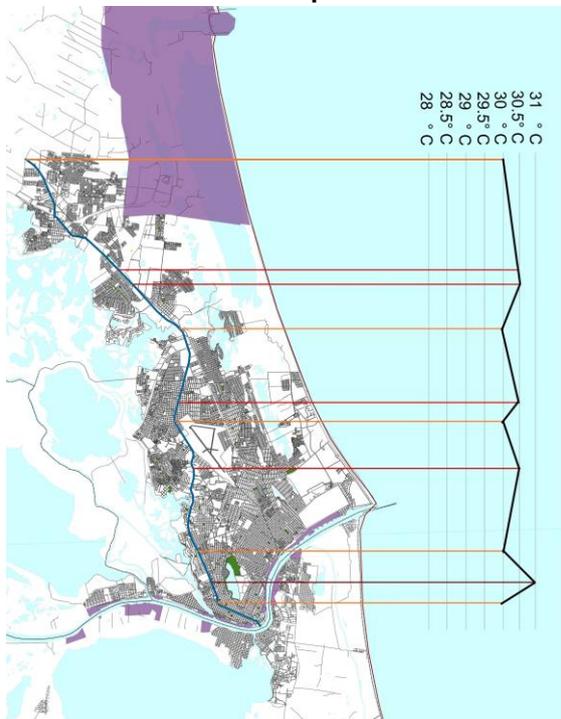
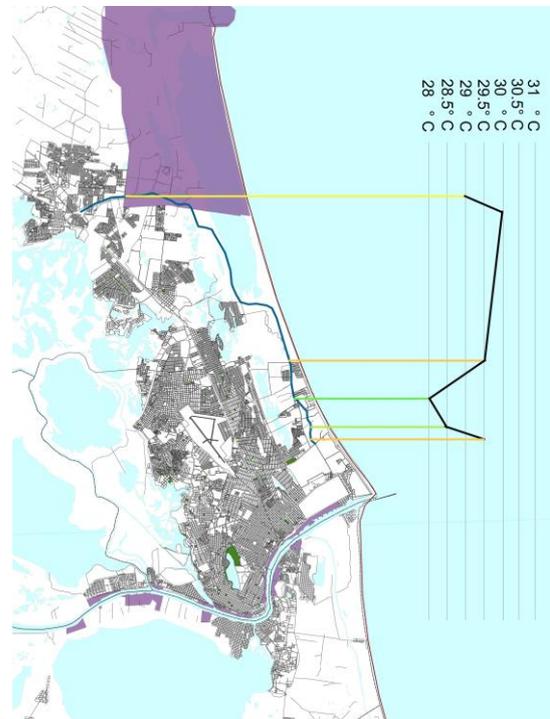
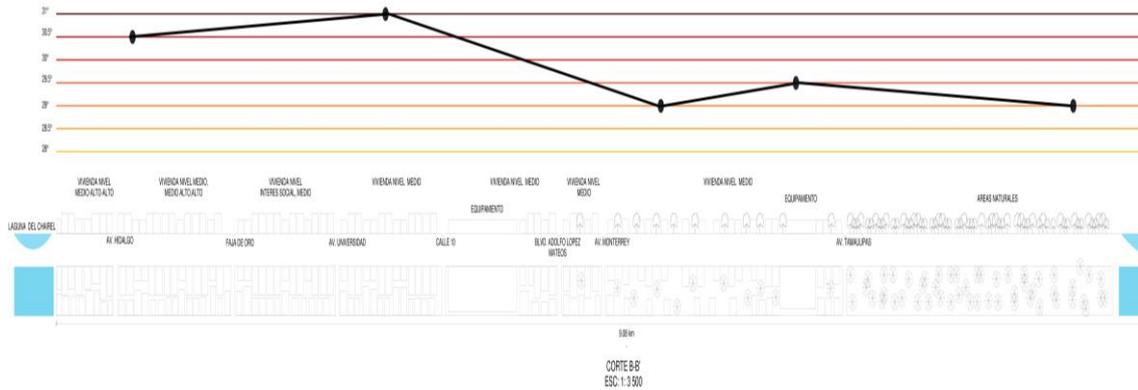


Figura 4. Perfil térmico, Libramiento Oriente Luis Donaldo Colosio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Corte Laguna del Chairel, zona habitacional, áreas naturales y Golfo de México



Fuente: Elaboración propia.

Se observa que donde descienden las temperaturas son menores, tienen más superficies verdes, las viviendas se encuentran más dispersas entre sí. A diferencia de las zonas temperaturas altas hay superficies impermeables, más densidad vial, y mayor cantidad de superficies construidas por metro cuadrado.

En el corte de la figura 5, se aprecia la diferencia de temperaturas donde existe mayor densidad de población a diferencia con áreas verdes, y cerca del Golfo de México donde la brisa del mar es constante. Las temperaturas más altas se alcanzan donde la superficie construida (impermeable) es mayor que las áreas verdes existentes (permeables).

Como se puede apreciar en el corredor Luis Donaldo Colosio la temperatura oscila entre los 28°C y los 29.5°C teniendo un promedio de 29°C mientras en la avenida Hidalgo se presentan temperaturas entre los 30°C y 31°C, con un promedio de 30.5°C, la diferencia es de 1.5°C esta variación resulta ser multifactorial, entre los factores más recurrentes en este aumento o disminución de temperatura se encuentran la presencia de viviendas y la densidad con la que cuentan, las superficies verdes libres de construcción, la localización de grandes superficies impermeables producto de las zonas comerciales y sus respectivos estacionamientos y la cercanía con la zona costera.

6. Temperatura de las superficies de la Zona Conurbada del río Pánuco en base al albedo, con imágenes satelitales LandSat8

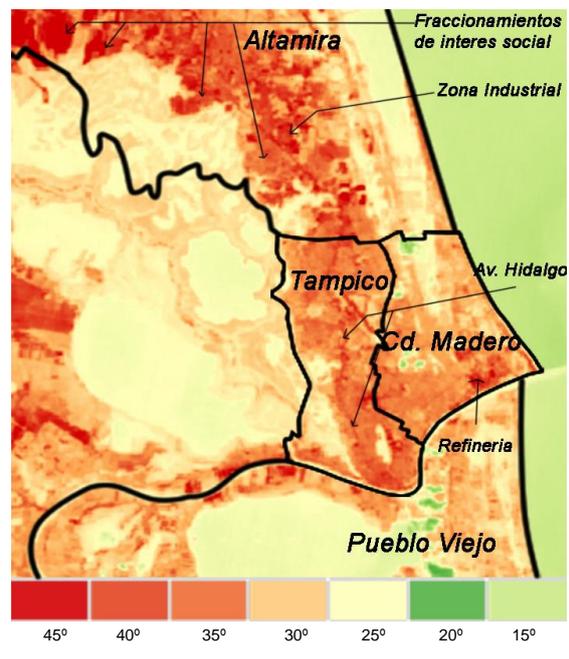
La clasificación del suelo (Figura 6) se distingue en cinco tipos: 1) suelo construido, 2) con vegetación y baja vegetación, 3) de terracería, baldíos y sin vegetación, 4) agua y 5) arena. Los polígonos para diferenciarse se crearon con diferentes colores, el color blanco corresponde al suelo construido, el color rojo a la vegetación; el rosado a la baja vegetación, el color ocre corresponde a la terracería, terrenos baldíos y sin vegetación; los diferentes tipos de color azul al agua y el color beige a la arena. Se aprecia que la zona presenta aproximadamente un 50% de superficie de agua, un 25% de vegetación, un 15 % de superficies impermeables y un 10 % de arena y terrenos baldíos.

En la Figura 7 se aprecian los valores de las temperaturas, que van desde los amarillos, pasando por naranjas en relación con los valores de 20,0° a 24,9°, de 25,0° a 29,9°, de 30,0° a 34,9°, de 35,0° a 39,9° y de 40,0° a 45,0° C que corresponde al color rojo más oscuro. Las temperaturas más altas se presentan en Altamira que presenta los nuevos fraccionamientos de interés social sin áreas verdes, la zona industrial y campos de pozos petroleros, posteriormente en Tampico se destaca la Av. Hidalgo - carretera Tampico-Mante y la zona centro; en Ciudad Madero se distingue la Refinería Madero y las más bajas temperaturas se presentan en Pueblo Viejo, Veracruz.

Figura 6. Imagen Land Sat8, clasificación del suelo



Figura 7. Imagen Land Sat8, temperaturas de superficies, en base al albedo



Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones

La característica de Tampico son los grandes estacionamientos del área comercial ubicados en la Av. Hidalgo con superficies asfaltadas, donde se registraron temperaturas entre 30° y 31°C, en Madero las áreas cercanas al Golfo de México predominaron las mas bajas temperaturas con 28° C donde el volumen del agua resulta ser un estabilizador térmico y el área más alejada del mar; al centro de la zona conurbada, con mayor densidad de población y superficies pavimentadas presentó temperaturas del aire de 31°C.

El perfil de la Ave. Luis Donaldo Colosio en Cd. Madero se encuentra a una distancia promedio de 500 m y paralelo al Golfo de México presentó una fluctuación de temperaturas de 28° a 29.5 °C, más sim embargo al llegar a Altamira y alejarse del mar en la zona industrial alcanza los

31°C. En Pueblo Viejo donde la trama urbana es dispersa y están rodeados de abundante vegetación, la fluctuación de las temperaturas fue entre 28.5° y 30°C.

La identificación de los albedos con las imágenes satelitales, permitió identificar las zonas con mayor temperatura superficial; se destacan la zona industrial en Madero y Altamira como las áreas de más altas temperaturas superficiales, así como, la Avenida Hidalgo con mayor movilidad vehicular y áreas comerciales con estacionamientos de extensas superficies de asfalto al aire libre, así también los nuevos fraccionamientos de interés social en Altamira con más vialidades y grandes superficies impermeabilizadas con escasas áreas verdes y reducida densidad de población .

La localización de las áreas que generan las islas de calor permite identificar los lugares para proponer áreas más permeables o semipermeables con abundante arborización, para la disminución de las islas de calor. Las grandes masas vegetales, captaran la radiación solar generando sombras, lo cual permitirá ganar más horas de confort en el espacio urbano.

Las grandes superficies de agua que rodean a la Zona Conurbada del río Pánuco mantienen las temperaturas con poca variación en todo el territorio, por lo que es necesario poner atención a menor escala priorizando la arborización en las ciudades y calles, para generar microclimas que contribuyan a la disminución de las temperaturas.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Tamaulipas, al equipo de trabajo; Dr. José Adán Espuna, Dr. Miguel Ángel Bartorila, Mtro. Eduardo Camacho, Mtra. Marisol Luitin. A los exalumnos Karla Sandoval, Samuel Montelongo, Mariela Izaguirre y Xhonane Chavira. Al Dr. Físico, Jaime Roset Calzada, de la Universidad Politécnica de Cataluña, por sus observaciones.

Bibliografía

ALCHAPAR, N. y CORREA, E. *Reflectancia solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto sobre las temperaturas urbanas*. En: Informes de la Construcción [en línea]. Octubre 2015, vol. 67, núm. 540, p. e112. [Fecha de consulta: 29 Septiembre 2018]. ISSN 1988-3234. DOI: <<http://dx.doi.org/10.3989/ic.14.131>> Disponible en: <<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/4457/5171>>

CHANDLER, T. J. *The climate of London*. London: Hutchinson & Co (Publishers) Ltd; 1965.

CHRYSOULAKIS, N. *Estimation of the all-wave urban surface radiation balance by use of ASTER multispectral imagery and in situ spatial data*. En: Journal of Geophysical Research [en línea]. Septiembre 2003, vol. 108, núm. D18, 4582, p 8-1. [Fecha de consulta: 27 Septiembre 2018]. ISSN 2169-8996. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1029/2003JD003396>> Disponible en: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2003JD003396>>

EVANS, J. and SCHILLER S. La isla de calor en ciudades con clima cálido húmedo. El caso de Tampico, México. En: *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* [en línea]. 2005, vol. 9, p.11.37. [Fecha de consulta: 17 Agosto 2018]. ISSN 0329-5184. Disponible en: <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2005/2005-t011-a008.pdf>

INEGI. Cartografía Geoestadística Urbana. Cierre de censos económicos 2014, DENU 01/2015. Disponible en: <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2005/2005-t011-a008.pdf>

MARTÍN VIDE, J., RASO, J., y SALA, M. *Determinación de los componentes del balance de radiación en un área experimental del macizo del Montseny* En: *Pirineos* [en línea]. 1991, vol. 138, pp. 29-38. [Fecha de consulta: 5 Julio 2018]. Disponible en: <http://pirineos.revistas.csic.es/index.php/pirineos/article/view/187/186>

MORENO, M. C. *Estudio del clima urbano de Barcelona. La isla de calor*. Editorial, Solgraf, S.A., Barcelona, 1993. 208 p. ISBN: 84-604-5058-9

OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. Editorial London, 1987.

ROSAS-LUSETT, M., BARTORILA, M., y SADOT, O. *Laguna del Carpintero, regulador climático en el área urbana de Tampico*. En: *Legado, Arquitectura y Diseño* [en línea]. 2016, núm. 20, pp. 113-124. [Fecha de consulta: 30 Mayo 2018]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4779/477950133016/html/index.html>

STEWART, I., and OKE, T. *Local Climate Zones for Urban Temperature Studies* En: *Bulletin of the American Meteorological Society* [en línea] Diciembre 2012, vol. 93, núm. 12, pp. 1879-1900. [Fecha de consulta: 9 Agosto 2019]. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1> Disponible en: <https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

SOBRINO, J., OLTRA-CARRIÓ, R., SÒRIA, G., BIANCHI, R., and PAGANINI, M. *Impact of spatial resolution and satellite overpass time on evaluation of the surface urban heat island effects*. En: *Remote Sensing of Environment* [en línea]. Febrero 2012, vol. 117, núm. 15, pp. 50-56. [Fecha de Consulta: 05 Julio 2018]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.04.042> Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442571100280X>

WENG, Q., LU, D., and SCHUBRING, J. *Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies*. En: *Remote Sensing of Environment* [en línea]. Febrero 2014, vol. 89, núm. 4, pp. 467-483. [Fecha de consulta: 05 Julio 2018]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005> Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425703003390>