

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

MICROCLIMA URBANO: EVALUACIÓN DE LA CIUDAD Y LA CALIDAD DEL HÁBITAT POR INCREMENTO DE TEMPERATURA

*Carlos Alberto Fuentes Pérez¹

URBAN MICROCLIMATE: EVALUATION OF THE CITY AND THE HABITAT QUALITY FOR INCREASED TEMPERATURE

Recibido el 21 de noviembre de 2017; Aceptado el 22 de febrero de 2018

Abstract

The effect of climate change is perceived by the characteristics of urban concrete foliage, glass facades and asphalt surfaces of built structures and roads. The widespread use of air conditioning in densely urbanized areas, as well as the increase in commercial developments, massive increase in automobile traffic that are important factors for a warmer world. The research evaluates the urban microclimate to establish the average temperature and relative humidity, in the case study zone and its affectation of manifest fixed for winter and summer which are the critical stations. The methodological procedure to be implemented is an applied experimental research, which supports urban planners not to have to participate scientifically to evaluate the thermal location of their projects and therefore can accelerate the design process in a warmer world. Based on the results, the urban heat islands and their thermal scale are established. The objective of the present investigation is to determine the urban microclimate by carrying out the evaluation of the city and the quality of the habitat in Tampico, Mexico.

Key Words: Thermal scale, increase in temperature, urban heat islands.

¹ Cuerpo Académico de Calidad del Hábitat, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

*Autor correspondiente: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Choapas # 303 Col. Petrolera en Tampico, Tamaulipas. México C.P. 89110. Email: fuenper@hotmail.com

Resumen

El efecto del cambio climático se percibe por las características del follaje urbano de concreto, fachadas de vidrio y superficies de asfalto de estructuras edificadas y carreteras. El uso generalizado de climatización de aire acondicionado en las zonas densamente urbanizadas, así como el aumento de los desarrollos comerciales, incremento masivo de los tráficos de automóviles que son factores importantes para un mundo más caliente. La investigación evalúa el microclima urbano para establecer la temperatura y humedad relativa media, en la zona estudio de caso y su afectación de manifiesta fijado para invierno y verano que son las estaciones críticas. El procedimiento metodológico a implementar es una investigación experimental aplicada, que apoya a los planificadores urbanos a no tener que participar científicamente para evaluar el emplazamiento térmico de sus proyectos y por lo tanto se puede acelerar el proceso de diseño en un mundo más caliente. Con base a los resultados se establecen las islas de calor urbano y su escala térmica. El objetivo de la presente investigación es determinar el microclima urbano realizando la evaluación de la ciudad y la calidad del hábitat en Tampico, México.

Palabras clave: escala térmica, incremento de la temperatura, islas de calor urbano.

Introducción

El trabajo de investigación en primera instancia es un estudio de caso para evaluar el microclima urbano y su impacto térmico en un mundo más caliente, la zona de estudio es la ciudad de Tampico, México.

Se estima que para el año 2025 gran parte de la población mundial vivirá en áreas urbanas. Goldberg et al. (2013) la rápida urbanización, la concentración de la población urbana en grandes ciudades, la expansión de las ciudades en zonas geográficamente más amplias y el rápido crecimiento de las megalópolis se encuentran entre las transformaciones más importantes.

El objetivo de la presente investigación es determinar el microclima urbano realizando la evaluación de la ciudad y la calidad del hábitat por incremento de temperatura en Tampico, México.

La calidad del hábitat trata de un concepto muy amplio que está influido de modo complejo por la salud física del sujeto, su estado psicológico, su nivel de independencia, sus relaciones sociales, así como su relación con los elementos esenciales de su entorno sustentable en un mundo cada vez más caliente (Feyisa *et al.*, 2014).

Hipótesis de investigación. Si se realiza la evaluación del microclima urbano, se determinará la calidad del hábitat con respecto al incremento de la temperatura en Tampico, México.

Microclima urbano

La Administración Oceánica y Atmosférica Nacional de los E.U.A. (NOAA) y la Administración Espacial y Aeronáutica Nacional (NASA) confirman que 2015 es el año más caliente de la historia

registrada en el planeta, específicamente en el mes de julio, subrayan la tendencia sumamente preocupante de la temperatura media mundial récord que se está agravando con cada vez mayor frecuencia. Además, 14 de los 15 años más calientes registrados han ocurrido todos desde el año 2000.

Por lo tanto, expresan Allegrini et al. (2012) hay que esperar que la calidad del hábitat en la zona urbana sea especialmente afectada por el aumento de la temperatura ambiental y el efecto que este pueda causar para la comodidad térmica interior. Se vuelve un círculo vicioso para Singh et al. (2014), ya que el aumento de la temperatura exterior, por consiguiente una crecida de las emisiones de CO₂ asociadas a elevar la demanda de energía para la climatización artificial durante las olas de calor del verano que se prevé en este sentido, como se presenta en el último siglo.

No es una exageración para Vaccari et al. (2013), decir que la humanidad se enfrenta ahora a la amenaza más grave de su existencia. Esto es ahora una emergencia planetaria y una respuesta completa de emergencia son suficientes si se desea tener alguna esperanza realista de evitar los impactos del cambio climático peligroso e irreversible. Lee y Lee (2014) el uso generalizado de climatización de aire acondicionado en las zonas densamente urbanizadas, así como el aumento de los desarrollos comerciales y aumento masivo de los tráficos de automóviles también son factores importantes, que pueden conducir a la formación de ozono y el smog, produciendo una concentración de CO₂ elevada como los últimos años. El último informe de (NOAA/NASA, 2015), suena la campana de alarma una vez más en la emergencia climática. El mejor momento para haber comenzado a afrontar la climatología urbana fue hace al menos dos décadas. El segundo mejor, es en este momento.

La Evaluación del microclima urbano de la ciudad y puerto de Tampico, México procede del análisis climático que se desarrolla desde diversas perspectivas metodológicas. Primeramente se analizan los datos con base a las normales climatológicas de 2014, para lograr las medias normales de todas las variaciones climáticas con un mínimo de equivocación, proporcionados por la Estación Meteorológica de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA 2015).

Con todo ello, se expondrán conclusiones climatológicas como sustento del experimento determinando las estaciones y los meses más críticos del año en Tampico, México. Pathirana et al. (2014) el clima es uno de los factores más importantes a considerar en el diseño de una vivienda. Las condiciones atmosféricas de un lugar dependen de que la arquitectura y su inercia térmica transformen la acción de los elementos ambientales naturales del lugar de localización. Los factores climáticos son las condiciones físicas que identifican a una región o a un lugar en particular y determinan su clima. Los principales factores son: la latitud, la altitud y el relieve, por lo tanto, el clima en Tampico, México, es de tipo tropical, subhúmedo, cálido y extremoso, (Sánchez, 2011).

Efecto isla de calor urbano

El efecto de la isla de calor es consecuencia del microclima urbano, de que las zonas edificadas ofrecen más superficie de absorción de calor, el cual irradian lentamente durante la noche. Otro efecto de los edificios altos para Taleb & Abu-Hijleh (2013), son las múltiples reflexiones horizontales de la radiación recibida, que aumentan la probabilidad de que esta energía permanezca en el suelo en lo que se conoce como efecto cañón.

Algunos autores como Anniballe et al. (2014) explican la isla de calor como un efecto invernadero local, pues los gases se encierran en un solo lugar provocando una cápsula de gases que absorbe calor del sol. Los materiales que forman la ciudad absorben la radiación solar de onda corta y la emiten posteriormente con una longitud de onda más larga, frecuencia que resulta retenida por partículas en suspensión y gases de combustión. La cápsula de gases para Lee et al. (2014), sólo puede ser rota por los vientos, si en la superficie hay demasiados edificios de mucha altura el aire es obstruido y la cápsula no se rompe, sin embargo hasta lo más natural puede provocar una cápsula de calor.

Otra de las causas que provocan el efecto de isla de calor es el albedo. Explica en su estudio de caso Cotana et al. (2014), que el albedo es la capacidad de reflejar en mayor o menor medida la radiación solar. Por regla general, un color más claro absorbe menos calor que un color más oscuro. Las calles hechas de asfalto alcanzan temperaturas mayores a aquellas alcanzadas por una calle hecha de concreto relativamente nuevo. Es por esto, que la isla de calor puede llegar a disminuir el período frío del invierno y extender el de verano, adelantando la primavera y retrasando el otoño. Su efecto sobre la temperatura urbana expresan Coseo & Larsen (2014), puede reducir el uso de la calefacción en invierno, pero aumenta la demanda de climatización en verano. El mayor uso de la climatización incrementa la demanda energética, con sus consecuentes perjuicios ambientales y económicos.

A nivel ambiental, la mayor temperatura también contribuye a las reacciones de los gases de combustión presentes en la atmósfera. En algunos casos no sólo resulta afectada la temperatura de la ciudad sino también de sus alrededores, alterando el clima regional.

Radhi & Sharples (2013), exponen que la capa de límite urbano viene a ser la capa de aire de la atmósfera más próxima a la superficie, cuyas características meteorológicas locales están influidas, térmica y dinámicamente, por esa superficie. Se trata, fundamentalmente, de una capa de mezcla, o sea turbulenta, generada por el desplazamiento del aire a través de una superficie rugosa y rígida y por la elevación convectiva de las burbujas de aire. Esta capa límite urbano se extiende desde las losas de los edificios hasta un nivel por debajo del cual los fenómenos locales o mesoescálicos están gobernados por la naturaleza de la superficie urbana.

A partir del modelo de Oke (1976), se propone lo que viene a ser el palio urbano para aquellos sectores entre los edificios que presentan toda una amalgama de microclimas por las características de los alrededores más inmediatos. El cañón urbano se emplea para designar a la principal unidad del palio urbano, que incluye el suelo, normalmente de una calle, entre dos edificios adyacentes y sus muros.

Feng et al. (2014) el transecto es una idea precisa acerca de la técnica empleada usualmente en el estudio de los climas urbanos y que consiste en la toma de medidas meteorológicas a lo largo de un recorrido o ruta previamente establecidos, con representación gráfica de un área urbana y sus variaciones microclimáticas. Por lo tanto, la isla de calor (Dimoudi *et al.*, 2013) es una de las modificaciones climáticas más claras causadas por la urbanización, como el incremento térmico en la ciudad en comparación con su periferia.

Metodología

La investigación permite desmembrar, con base a la hipótesis de trabajo, toda una idea, con el propósito de realiza la evaluación del microclima urbano, se determinará la calidad de vida en un mundo más caliente. Por lo tanto, es una investigación experimental aplicada para identificar patrones del comportamiento de temperatura y humedad relativa solamente, no realizados con anterioridad en Tampico, México. A continuación se presentan uno a uno los pasos a seguir para lograr metodológicamente el presente trabajo de investigación.

Microclima urbano

Este trabajo aborda las características del microclima urbano donde se pretende por lo tanto, evaluar si los parámetros climáticos están influenciados significativamente por los atributos de texturas urbanas, que ponen de relieve la necesidad tanto de proporcionar la información microclimática y utilizarla en las etapas de diseño de la edificación. Esta investigación proporciona un valioso conjunto de información microclimática para la zona urbana densa de la ciudad, en Tampico, México. Se pretende utilizar la información climatológica urbana en lugar de los datos del tiempo meteorológico en su mayoría recogidos de entornos no urbanos del estudio de factibilidad para la implementación de tecnologías de energía renovable y la evaluación del desempeño térmico/energético del hábitat.

Zona de estudio del microclima urbano

En el entendido, para Unger et al. (2011) de que los datos sobre el ambiente o microclima urbano se recogen normalmente en algunas estaciones de monitoreo de puntos distribuidos sobre una ciudad. Sin embargo, el punto de vista sinóptico de los satélites donde toda una ciudad es visible en una sola imagen permite la recogida de datos espacialmente integrales a escala de toda la ciudad.

A pesar de la rápida evolución de los sistemas de teledetección y software avanzados, aún existen deficiencias en la resolución de la imagen y el desarrollo de algoritmos para aplicaciones como el monitoreo de la calidad del aire y el análisis de las islas de calor urbano, de no muy buena exactitud a microescala. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación se apoyará en datos obtenidos directamente de aparatos confiables y realizados personalmente por el investigador en la zona de estudio que es la ciudad de Tampico, México.

Investigación experimental aplicada para determinar el microclima urbano

Se inicia metodológicamente para determinar las islas de calor urbano en Tampico, México con la representación gráfica de la distribución espacial de la temperatura en la ciudad y sus alrededores mediante un mapa de isotermas, por medio de las mediciones a través de los transectos donde está presenta una disposición concéntrica, y señala la existencia de una isla térmica por efecto urbano a escala microclimática, a partir de líneas imaginarias, que unen puntos de la superficie de la ciudad que tienen igual temperatura. Se generaliza tomando superficies con parecidos valores de temperatura y representando superficies a las que se asignan valores medios próximos o iguales.

Hobo U23 Pro v2 y estación base óptica U-4

Los datos de temperatura son registrados en los denominados transectos o recorridos en las vialidades de la ciudad, a cada 10 segundos por el investigador y un grupo de colaboradores de su propio Cuerpo Académico de Calidad del Hábitat, con 5 sensores denominados HOB0 Prov2 de intemperie para asegurar una rápida respuesta a las variaciones térmicas, los cuales tienen un puerto USB óptico para transferir los datos y un transportador a prueba de agua para manejo y recuperación de datos en campo. Se colocan los Hobo's sobre la parte superior de las camionetas que se proveen como vehículos en su caja trasera y se fijan, con la intención de no alterar los monitoreos de los valores térmicos.

Los datos de los registradores HOB0 U23 Pro v2 (figura 1), se exportan a una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel, por medio del Hoboware software y la estación base óptica U-4 (figura 2), con acoplador para manejar los Hobo's, donde se realizan las mediciones íntegras de temperatura del aire en °C y humedad relativa en %, para lograr de inmediato una visualización de los valores térmicos obtenidos, por medio de un plano de la ciudad instalado en un diseño asistido por computadora denominado AutoCAD.

Con cuatro opciones donde elegir, la nueva familia de registradores HOB0 Prov2 de temperatura y humedad relativa son diseñados para años de utilización fiable en ambientes en intemperie y condensación extremos. El sensor de T/HR permite una rápida respuesta y durabilidad superior en condiciones húmedas con el uso de sensores externos de reducido diámetro para instalación en espacios reducidos.



Figura 1. Instrumentos de medición Hobo's U23 Pro v2.

Especificaciones del HOBO U23 Pro v2

Memoria:	42,000 medidas
Intervalo de medida:	1 segundo a 18 horas Intervalos fijos o intervalos múltiples de registro de datos, con hasta 8 intervalos de medida y duraciones definidos por el usuario.
Precisión de Reloj:	1 minuto/mes a 25.00°C
Vida de la Batería:	3 años (típica) – Batería de Litio 3.6 Volt 1/2 AA intercambiable

Temperatura externa

Rango de Medida

U23-002:	-40.00° a +70.00°C
U23-003 & -004:	-40.00° a 100.00°C; punta del sensor y cable inmersión en agua fresca hasta 50.00° por 1 año
Precisión:	±0.20°C en el rango de 0 a 50.00°C
Longitud del cable:	1.80 m
Resolución (12-bit):	0.02°C a 25.00°C

Tiempo de respuesta

U23-002:	3 minutos (al 90.00% en caudal de aire de 1 m/s)
U23-003 y 004:	3 minutos (al 90.00% en caudal de aire de 1 m/s); 30 segundos (al 90.00% en agua).

Humedad Relativa

Rango de Medida:	0 a 100.00% HR
Precisión:	±2.50% de 10.00 a 90.00%
Resolución (12-bit):	0.03% HR
<u>Tiempo de respuesta</u>	
U23-001:	1 minuto típico (al 90.00% en caudal de aire de 1 m/s).
U23-002:	3 minutos típico (al 90.00% en caudal de aire de 1 m/s).



Figura 2. Estación base óptica U-4.

Las mediciones de los transectos se obtuvieron entre las 20:00 y 21:00 horas, de mínimo 8 diferentes días de enero y en mínimo 8 días de agosto que se realizan los transectos, para contrastar y corroborar los valores térmicos, en los meses que se presenta el periodo de mínima y máxima intensidad de las islas urbanas de calor, proporciona Oke (2006) y sin influencia de la radiación solar.

Modelado de las isotermas e islas de calor

Para el presente trabajo se realiza en primera instancia el modelado de las islas de calor mediante la información de los valores térmicos a través de la Plataforma del Sistema de Información Geográfica (SIG).

En comparación con tareas que se realizan con simulaciones satelitales, la utilización de los SIG, tienen grandes ventajas en tiempo, personal, precisión y eficiencia. Así como la posible realización de tareas que hasta el momento no se habían podido llevar a cabo. El trabajo plantea los principales aspectos en orden del acondicionamiento térmico como el incide en el ambiente, el análisis, diagnóstico y la toma de decisiones más precisa y eficiente para la planificación, diseños urbanísticos e intervención de las islas de calor en Tampico, México.

Se elaboró en primera instancia un mapa en AutoCAD teniendo como base la traza urbana de Tampico, en la cual se ubicaron los polígonos delimitando las isotermas y obteniendo así un mapa en formato DWG, el cual se pasa a un formato SHP, con el cual se trabajó y se creó un mapa con formato MXD en el que se realizó la Interpolación a partir de puntos e isotermas.

Para su realización se utilizó la plataforma del Sistema de Información Geográfica (SIG) mediante el ArcGIS 10.2.2 que actual puede ser considerada como dos o dos y un medio de dimensión en lugar de tres interfaz de dimensión, donde las coordenadas X-Y se muestran como gráficos y las coordenadas Z se almacenan como los atributos de los objetos, tales como son las islas de calor en la zona de estudio.

El proyecto de investigación muestra una manera de modelar el microclima urbano mediante una combinación de análisis estadístico y un Sistema de Información Geográfica, las características de calles urbanas seleccionadas mostraron efectos variables en los diferentes materiales de la superficie y en diferentes momentos del día.

Lo más habitual es partir de medidas puntuales, variables climáticas, variables del suelo o de isolíneas, curvas de nivel. Aunque los métodos que se utilizan en uno u otro caso son bastante diferentes, todos los métodos de interpolación se basan en la presunción lógica de que cuanto más cercanos estén dos puntos sobre la superficie terrestre, los valores de cualquier variable cuantitativa que se mida en ellos serán más parecidos, para expresarlo más técnicamente, las variables espaciales muestran autocorrelación espacial.

Una vez concluido el proceso de la elaboración se exporto a un formato JPG. Para poder manipularlo en el trabajo de investigación.

Por lo tanto, el microclima medio urbano de la ciudad y la calidad del hábitat en un mundo más caliente, se identifica en las islas de calor y su escala térmica en las estaciones críticas de 2014 en Tampico, México del presente trabajo a continuación.

Resultados

En primera instancia los transectos se proyectan por el investigador para obtener datos en un periodo máximo de una hora y contar no sólo con una amplia cobertura de la zona en estudio, sino que incluya distintas áreas características de la ciudad de Tampico, México.

Se realizan los transectos en sentido longitudinal de la ciudad sobre las principales vialidades o red viaria, creando intersecciones o nodos para contrastar ambas mediciones, se continúan las rutas en sentido transversal de la ciudad sobre vialidades primarias y secundarias, retomando en otro día lo opuesto para cruzar información de los valores térmicos, como se presenta en la (figura 3).

Además, en cada camioneta de tipo pick up, un pasajero en la cabina conduce, otro se ocupa de registrar la ubicación cada minuto, utilizando las intersecciones principales como referencia ubicándolas en un plano de la ciudad. También otro pasajero con cámara fotográfica en mano en la parte posterior exterior, en la caja de la camioneta, identifica las características morfológicas del entorno construido con alturas, separaciones, configuración de la línea de edificación y cañones urbanos, presencia de vegetación y cuerpos de agua entre otras variables (figuras 4 y 5). La velocidad de los vehículos es lo más lento dentro de las posibilidades de tráfico en las arterias.

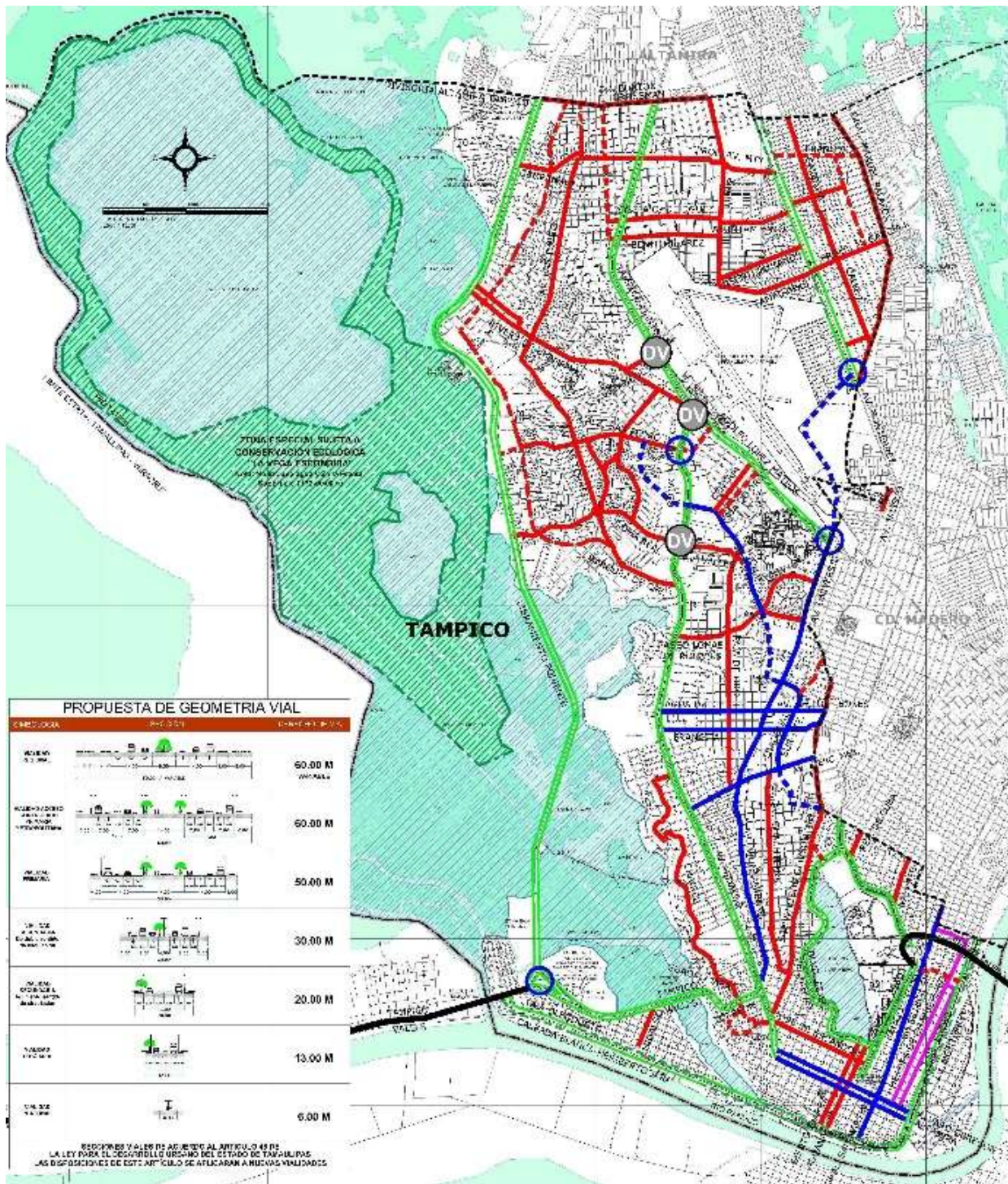


Figura 3. Transectos y traza urbana en Tampico, México.

Mapas de isotermas y transectos en Tampico, México

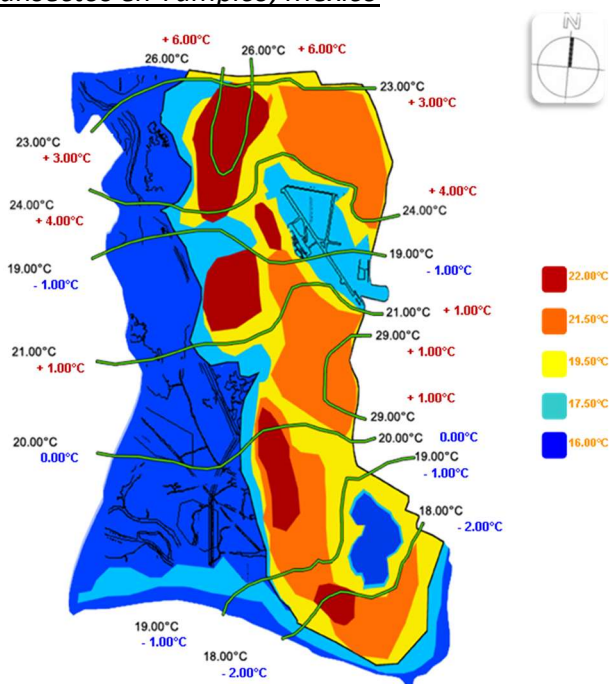


Figura 4. Isotermas de invierno (temperatura media ambiental de invierno 20.00°C)

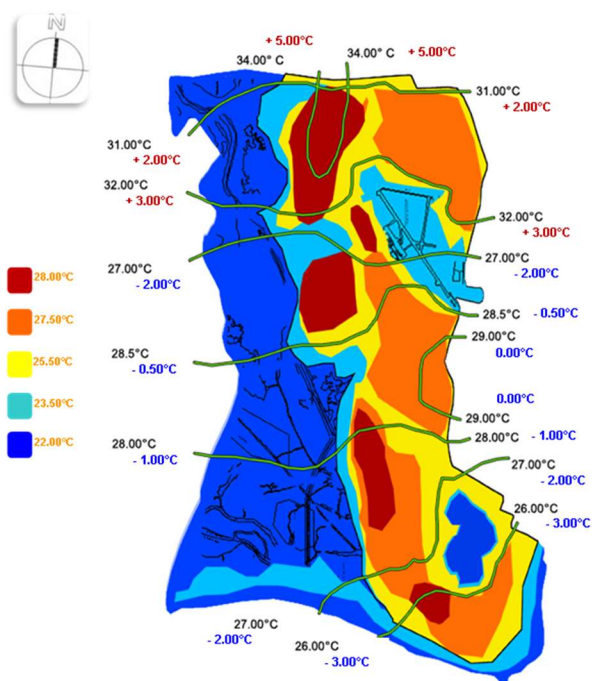


Figura 5. Isotermas de verano (temperatura media ambiental de verano 29.00°C)

Islas de calor urbano y escala térmica con ArcGIS 10.2.2 en Tampico, México

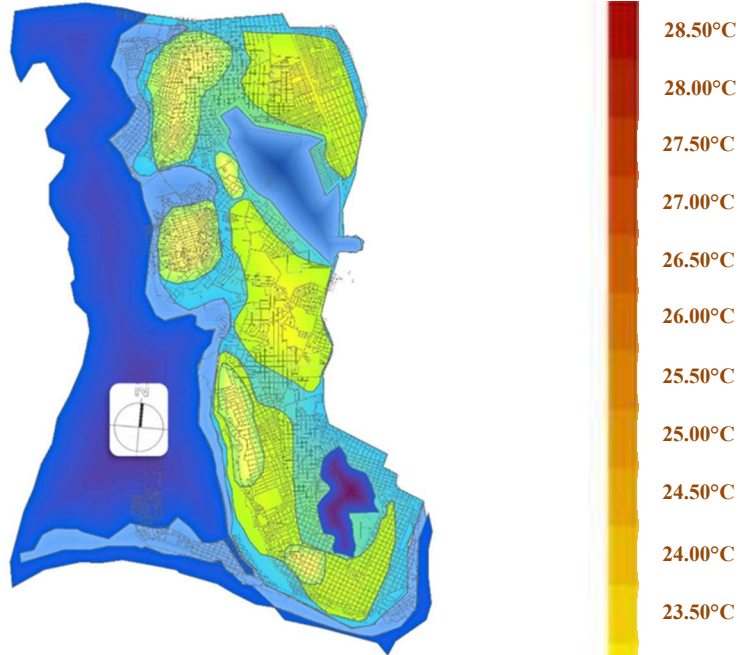


Figura 6. Islas de calor en invierno

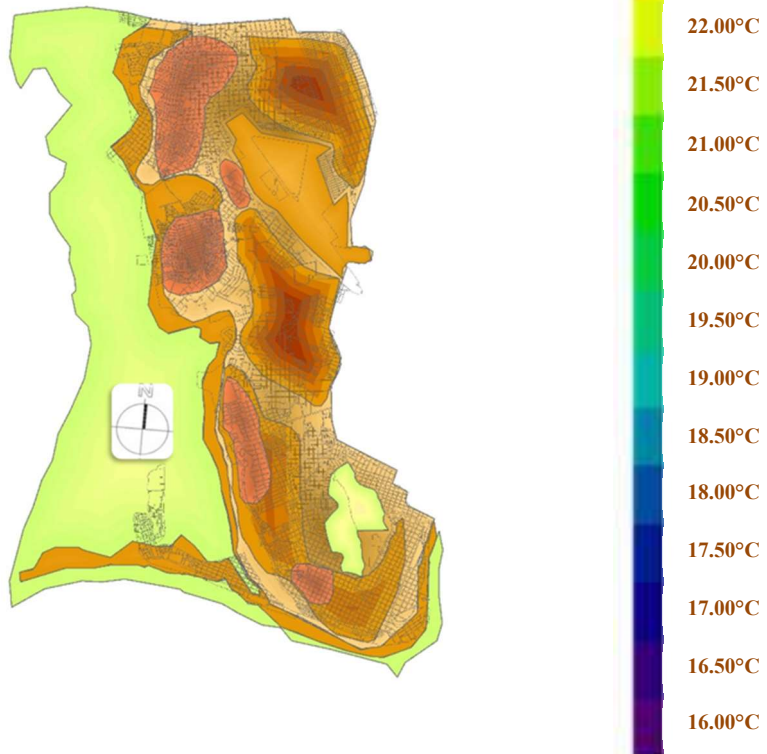


Figura 7. Islas de calor en verano

Conclusiones

Es bastante difícil para los planificadores intentar diseñar sin comprometer al investigador del clima urbano. Actualmente, el Sistema de Información Geográfica (SIG) es una plataforma de uso general en el presente trabajo con aplicaciones geográficas relacionadas, incluidas las relativas a la investigación del clima urbano. Aunque es, según todos los estándares, una herramienta apropiada de diseño urbano, donde los planificadores urbanos tienden a no adoptar esta tecnología, pero los resultados del trabajo en primera instancia, presentan una idea para superar este reto mediante el desarrollo de una plataforma de diseño urbano fácil de usar, para la situación actual y a futuro.

Asimismo, los planificadores son los gestores urbanos en el crecimiento de Tampico que comparten importantes responsabilidades sobre los cambios climáticos existentes y futuros en la calidad del hábitat, como las bajas condiciones de particularidad de vida urbana que afectan a la mayor parte de la población por; incomodidad térmica, contaminación atmosférica, enfermedades respiratorias y crónicas relacionadas, riesgos naturales como inundaciones, avalanchas y anegamientos, estos factores revelan severas y permanentes fallas en la planificación de la calidad del hábitat y por lo tanto, colaboran al incremento de la temperatura, constituyendo un urgente llamado para resolver estas situaciones acumulativas.

Sin embargo, y a pesar que tanto la densidad de la masa edificada como las alturas de los edificios son menores en los nuevos centros comerciales, se considera que la gran extensión de superficies de estacionamiento de vehículos con asfalto oscuro sin presencia de vegetación y la gran capacidad de los equipos de refrigeración son factores que influyen en el incremento de las temperaturas registradas en estas zonas, adicionalmente a la concentración de tránsito.

En lo que respecta al microclima urbano a diferencia de estudios anteriores, donde se verifica una sola isla de calor en la ciudad, con temperaturas crecientes hacia el centro de la zona urbana, en este trabajo se detectan varias zonas de mayor temperatura, coincidentes con distintos centros en una estructura urbana poli-céntrica, por lo tanto el estudio es pionero en la región. Las islas de calor obtenidas del trabajo de investigación, tanto en invierno como para verano presentan en su morfología dimensiones muy similares, pero con diferentes valores térmicos.

Para contribuir a la mitigación de las islas de calor y mitigar el incremento de las temperaturas para una mejor calidad del hábitat, se deben mantener espejos de agua y franjas de vegetación en la zona urbana, así como evitar grandes extensiones de asfalto, especialmente en estacionamientos vehiculares, así como considerar a Tampico, México como una ciudad más compacta lo que implica crecimiento vertical y reduce en distancias más cortas, evitando con esto el indiscriminado uso del vehículo y priorizando al peatón y al uso de la bicicleta.

Con lo expuesto en las conclusiones, se comprueba que por la valoración del microclima urbano, se determina la alteración de la calidad del hábitat con respecto al incremento de la temperatura en Tampico, México.

Referencias bibliográficas

- Allegrini, J., Dorer, V., Carmeliet, J. (2012) Influence of the urban microclimate in street canyons on the energy demand for space cooling and heating of buildings. *Energy and Buildings*, **55**(2), 823-832.
- Anniballe, R., Bonafoni, S., Pichierri, M. (2014) Spatial and temporal trends of the surface and air heat island over Milan using MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, **150**(6), 163-171.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. Servicio Meteorológico Nacional (2015) Climatología de Tampico, México. Acceso el 10 de enero de 2015. Disponible de <http://smn.cna.gob.mx>
- Coseo, P., Larsen, L. (2014) How factors of land use/land cover, building configuration, and adjacent heat sources and sinks explain Urban Heat Islands in Chicago. *Landscape and Urban Planning*, **125**(2), 117-129.
- Cotana, F., Rossi, F., Filipponi, M., Coccia, V., Pisello, A. L., Bonamente, E., Petrozzi, A., Cavalaglio, G. (2014). Albedo control as an effective strategy to tackle Global Warming: A case study. *Applied Energy*. **130**(3), 641-647.
- Dimoudi, A., Kantzioura, A., "Zoras, S., Pallas, C., Kosmopoulos, P. (2013). Investigation of urban microclimate parameters in an urban center. *Energy and Buildings*. **64**(8), 1-9.
- Feng, Huihui., Zhao, Xiaofeng., Chen, Feng., Wu, Lichun. (2014). Using land use change trajectories to quantify the effects of urbanization on urban heat island. *Advances in Space Research*. **53**(4), 463-473.
- Feyisa, G. L., Dons, K., Meilby, H. (2014). Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. *Landscape and Urban Planning*. **123**(2), 87-95.
- Goldberg, V., Kurbjuhn, C., Bernhofer, Ch. (2013). How relevant is urban planning for the thermal comfort of pedestrians? Numerical case studies in two districts of the City of Dresden (Saxony/Germany). *Meteorologische Zeitschrift*. **22**(5), 739-751.
- Lee, J. S., Kim, J. T., Lee, M. G. (2014). Mitigation of urban heat island effect and green roofs. *Indoor and Built Environment*. **23**. 62-69.
- Lee, S., & Lee, B. (2014). the influence of urban form on GHG emissions in the US household sector. *Energy Policy*. **68**(12), 534-549.
- NOAA U.S. National Oceanic and Atmospheric. (2015). 2015 The Hottest Ever Year – Another call to Immediate Climate Action. Acceso 15 de junio de 2015. Disponible en: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/summary-info/global/2014/12>.
- Oke, T.R. (1976). Boundary layer climates. London, *Methuen*.
- Oke, T. R. (2006). Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*. **84**(2), 179-190.
- Pathirana, A., Deneke, H. B., Veerbeek, W., Zevenbergen, Ch., Banda, A T. (2014). Impact of urban growth-driven landuse change on microclimate and extreme precipitation - A sensitivity study. *Atmospheric Research*. **138**(4), 59-72.
- Radhi, H., Sharples, S. (2013). Quantifying the domestic electricity consumption for air-conditioning due to urban heat islands in hot arid regions. *Applied Energy*. **112**(8), 371-380.
- Sánchez, D. (2011). Peligrosidad y exposición a los ciclones tropicales en ciudades del Golfo de México. El caso de Tampico. *Revista de Geografía Norte Grande*. **50**(4), 151-170.
- Singh, R.B., Grover, A., Zhan, J. (2014). Inter-Seasonal Variations of Surface Temperature in the Urbanized Environment of Delhi Using Landsat Thermal Data. *Energies*. **7**(2), 1811-1828.

- Taleb, D., & Abu-Hijleh, B. (2013). urban heat islands: Potential effect of organic and structured urban configurations on temperature variations in Dubai, UAE. *Renewable Energy*. **50**(4), 747-762.
- Unger, J., Savic, S., Gal, T. (2011). Modelización del patrón anual media de la isla de calor urbano por la planificación del clima urbano de la red de estaciones. *Advances in Meteorology*. DOI: 10.1155/2011/398613.
- Vaccari, F. P., Gioli, B., Toscano, P., Perrone, C. (2013). Carbon dioxide balance assessment of the city of Florence (Italy), and implications for urban planning. *Landscape and Urban Planning*. **120**(5), 138-146.