

LA ISLA DE CALOR EN CIUDADES CON CLIMA CALIDO-HUMEDO EL CASO DE TAMPICO, MEXICO

John Martin Evans¹ y Silvia de Schiller¹

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo,
Universidad de Buenos Aires, Argentina. E-mail: evans@fadu.uba.ar / schiller@fadu.uba.ar

RESUMEN. La isla calor de zonas urbanas evidencia el impacto del hábitat construido sobre el medio físico y el aumento de temperatura que produce. En estudios anteriores, se han realizado varias experimentaciones para medir la intensidad de la isla de calor de ciudades en climas templados y muy fríos de Argentina, en Buenos Aires y Río Gallegos respectivamente. Este trabajo presenta el estudio de la isla de calor realizado en una ciudad ubicada en clima tropical, cálido y húmedo, Tampico, Estado de Tamaulipas, sobre el Golfo de México, latitud 21° Norte. Se expone la metodología utilizada, con cinco estaciones móviles para registrar la distribución espacial de la temperatura durante el atardecer, en la época más cálida del año. Los resultados, a diferencia de los estudios anteriores, indican varios sectores de mayor temperatura, los que coinciden con distintas características urbanas, analizadas en el trabajo. Asimismo, se detecta la influencia de grandes superficies de agua, como ríos y lagunas, donde se produce una notable disminución en la temperatura de las zonas urbanas adyacentes, indicando la importancia de conservar estos elementos para reducir la isla de calor y su impacto desfavorable sobre el confort y demanda de energía en la ciudad.

Palabras clave: isla de calor, desarrollo urbano, estaciones móviles, confort térmico, clima cálido-húmedo.

INTRODUCCION

El fenómeno de la ‘isla de calor’ fue estudiado en muchas regiones urbanas (Chandler, 1965; Oke, 1982; Oke et al, 1991). Aunque en climas fríos, el aumento de la temperatura en zonas urbanas puede resultar favorable, mejorando el confort y reduciendo la demanda de energía para calefacción, el aumento de la temperatura del aire exterior es, en parte, evidencia de la falta de adecuado aislamiento térmico en edificios (Evans y de Schiller, 1998, Evans et al, 2001). En climas cálidos, la ‘isla de calor’ producida por el desarrollo urbano es potencialmente perjudicial, provocando falta de confort térmico y aumentando la demanda de refrigeración en edificios.

La medición de la isla de calor permite demostrar el impacto del hábitat construido sobre el medio e identificar variables de diseño que contribuyen a disminuir o moderar dicho impacto. Varios sistemas de evaluación de sustentabilidad de edificios (BRE, 2000 y 2002; LEED, 1998) ponderan alternativas de diseño que favorecen la disminución de la intensidad de la isla de calor. En un proyecto urbano desarrollado por los autores para una ciudad en clima cálido húmedo, se aplicaron estrategias de mitigación como medida importante (Evans y de Schiller, 1994).

Por esta razón, la medición de la isla de calor proporciona una excelente oportunidad para verificar la eficacia de este tipo de medidas. Además, este ejercicio práctico permite aplicar técnicas de experimentación urbana en cursos de posgrado referidos a planeamiento y arquitectura en el marco de la sustentabilidad urbana. El trabajo presenta los resultados de la medición de la isla de calor en la Ciudad de Tampico, con clima cálido-húmedo, realizada en el marco de la Maestría en Arquitectura Sustentable, dictada por los autores en la Unidad Académica de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

El trabajo presenta las condiciones climáticas generales y las específicas, registradas en el día de las mediciones, e indica las características urbanísticas de la ciudad y su entorno geográfico. La metodología de la medición fue presentada en estudios anteriores (de Schiller et al, 2001), aunque se destacan algunos aspectos de las técnicas empleadas, tanto en referencia al proceso de medición como a la interpretación de los resultados, en particular el fenómeno de las múltiples ‘islas’ y la influencia de factores geográficos específicos. Los resultados proporcionan evidencia del efecto favorable de zonas verdes y espejos de agua en la ciudad, adicionalmente al impacto perjudicial del uso intensivo de sistemas de refrigeración en edificios.

¹ Profesores FADU-UBA, Co-Directores CIHE.

CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE TAMPICO

La Ciudad de Tampico, latitud 21° N, situada sobre el Golfo de México, presenta veranos largos y cálidos durante los meses comprendidos entre mayo y septiembre, con muy alta humedad relativa y reducida amplitud térmica diaria, oscilando entre 22 y 32°C, con 70-90 % de humedad relativa. En invierno, las temperaturas son menores, coincidiendo con la menor altura del sol en esta época del año, con temperaturas medias entre 8-16°C. Las precipitaciones son intensas, y las elevadas temperaturas, en combinación con alta humedad relativa, provocan disconfort térmico, aliviado por las brisas provenientes del mar. Por tal razón, la ventilación cruzada es la estrategia bioclimática tradicional, aunque en centros urbanos la densidad de edificación, combinada con problemas de ruido y polución, dificulta la implementación de esta estrategia. Como resultado, las instalaciones de aire acondicionado son ampliamente difundidas, provocando alta demanda de energía eléctrica y calentamiento del aire urbano, ambos factores que contribuyen a la intensidad de la isla de calor. El uso extensivo de aire acondicionado eleva la temperatura del aire exterior, el cual aumenta a su vez la demanda de refrigeración y el consumo de energía (Tabla 2), produciéndose un círculo vicioso, difícil de revertir con las prácticas constructivas y las tendencias globalizantes de tecnología y diseño. En este marco, la medición de la intensidad de la isla de calor de la ciudad permite obtener evidencia de este impacto a fin de promover la incorporación de estrategias de diseño bioclimático en arquitectura y urbanismo para reducir este fenómeno de tendencia creciente.

CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y URBANÍSTICAS DE LA CIUDAD DE TAMPICO

La Ciudad de Tampico, con una población de aproximadamente 500.000 habitantes, se encuentra sobre el Río Panuco, a escasa distancia del Golfo de México. En la ciudad, no sólo se encuentra evidencia de civilizaciones pre-colombinas que habitaron la región, tal como la Pirámide de Tuy, sino también de la importancia de su puerto en las primeras décadas de la conquista española. Durante el siglo XX, la ciudad se constituyó en un polo de producción petrolera y la refinería de Madero, dentro de los límites del conurbano, es el más importante centro de producción de PEMEX, la empresa nacional de petróleo. Sobre el Río Panuco, se ha establecido la industria de producción y reparación de plataformas de perforación de petróleo para los yacimientos 'off-shore' en el Golfo de México.

La conurbación Tampico-Madero-Altamira está conformada por tres municipalidades: la Ciudad de Tampico, sobre el Río Panuco, formando el límite sur; Ciudad Madero, con refinería e industria petrolera hacia el Este, limitando con el Golfo de México, y Altamira hacia el Norte. Hacia el sur, cruzando el río, asentamientos urbanos pequeños se integran y continúan la zona urbana de Tampico, aunque están ubicados en el vecino Estado de Veracruz. Estos últimos asentamientos no fueron incluidos en el presente estudio, dada la escasa representatividad por su reducido tamaño y limitada accesibilidad, al igual que el Municipio de Altamira, ubicado al norte del aeropuerto y separado de la zona urbanizada contigua. La variación de altura es reducida, sin exceder los 30 metros, solo interrumpida por la presencia de lomadas hacia el Este y el Oeste. Dentro de la zona urbana de Tampico se encuentra la Laguna del Carpintero, conectada con el Río Panuco a través de un río, con un diámetro de 500 metros aproximadamente, habiéndose rellenado ya la mitad de la misma con residuos urbanos para formar zonas de actividades deportivas y avenidas de circulación. Al Oeste de la zona urbanizada, se encuentra una serie de ríos, bañados y lagunas del Cairel, las que también desembocan en el Río Panuco.

El Centro Histórico de Tampico, de 10 cuadras sobre el río por 5 cuadras desde la orilla, mantiene la trama octogonal típica de las ciudades coloniales españolas, con edificación densa y compacta, agrupada alrededor de dos plazas, aunque las alturas actuales no exceden 10 pisos y la mayoría de los edificios son de 2 o 3 niveles. Alrededor de las plazas, la construcción tradicional presenta balcones de hierro fundido, similar a la tradición de Nueva Orleans, y varios tipos de recovas o portales. Otro centro urbano de mayor densidad se forma en el corazón de Ciudad Madero, sobre la Avenida 1ro. de Mayo, aunque con menor densidad edilicia que la zona central de Tampico. Hacia el Norte, sobre la Avenida Suárez, se encuentra una serie de nuevos centros comerciales con grandes estacionamientos abiertos, a los que se acceden por importantes avenidas de tránsito intenso. La densidad urbana es mediana, con variaciones tanto de altura como de factor de ocupación, con mayor densidad en conjuntos de vivienda de interés social, especialmente al Norte de la zona urbana en estudio. La Figura 2 indica las características de la zona urbana y los principales elementos geográficos.

METODOLOGÍA

La distribución de temperatura se obtuvo con mini-dataloggers HOBO colocados en el exterior de cinco vehículos. Los datos de temperatura fueron registrados cada 20 segundos, con los sensores colocados en el exterior de las cajas HOBO para asegurar una rápida respuesta a las variaciones térmicas. Se fijaron los HOBOS sobre el extremo del espejo retrovisor derecho, ubicación con menor influencia del calor del motor y de otros vehículos. Las mediciones fueron obtenidas el día 6 de junio de 2005, entre las 20:00 y 21:00 horas, horario de alta intensidad de la isla urbana de calor (Oke, 1986), sin influencia directa de la radiación solar, aunque el calor absorbido por las superficies de la ciudad durante el día contribuye al aumento de temperatura. Los datos del aeropuerto fueron utilizados como puntos de referencia en una estación fija, con

registros de 27-27,5° C, y los datos de temperatura al inicio y final de los recorridos fueron comparados con valores comprendidos entre 29,5°-30°. Esta reducida variación temporal de 0,5° C, convalida los registros de la variación espacial de temperatura, significativamente mayores, tomados en el mismo periodo. La velocidad del viento registrada en el aeropuerto durante el experimento alcanzó 8 km/hr, proveniente del NNE.

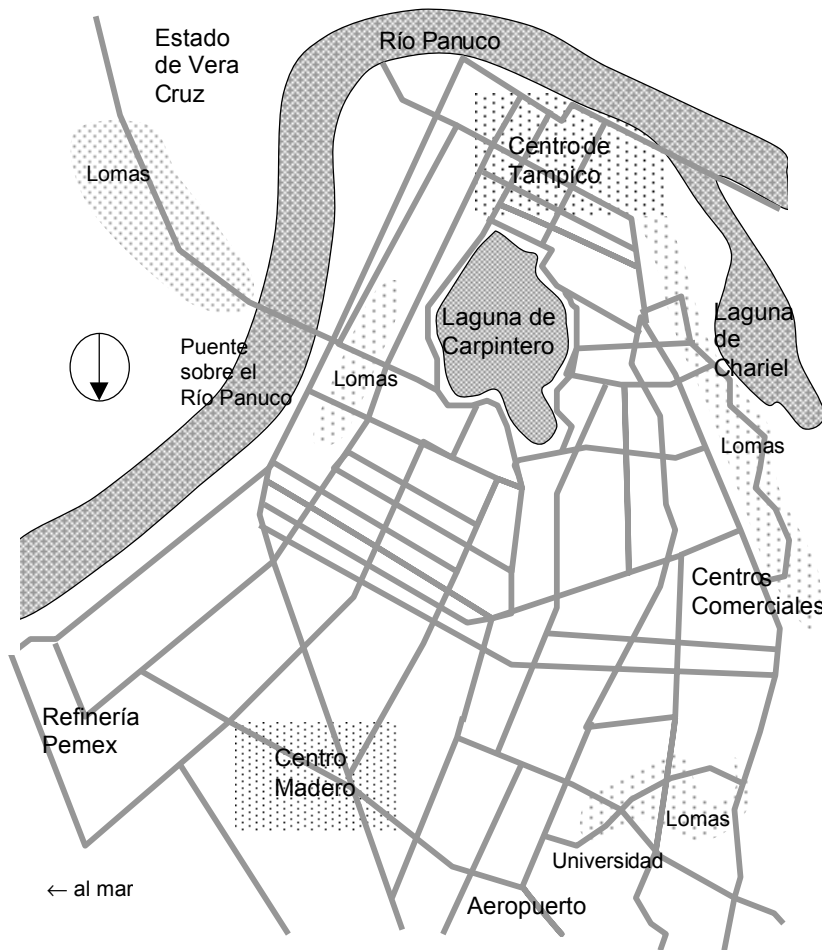


Figura 2.
Características principales de la Ciudad de Tampico, Tamaulipas, México.

- Ríos y lagunas
- Centros urbanos
- Centros comerciales
- Lomas y colinas
- Avenidas principales

Los circuitos fueron planificados para obtener datos en un periodo de una hora y contar no solo con amplia cobertura de la zona en estudio, sino que incluya distintas áreas características de la ciudad. Además, los circuitos se cruzaron en distintos puntos a fin de permitir una adecuada verificación de la consistencia entre los datos de cada circuito. En cada vehículo, un pasajero se ocupaba de registrar la ubicación del vehículo cada dos minutos, utilizando las intersecciones principales como referencia. También se identificaron las características morfológicas del entorno construido con alturas, separaciones entre edificios, configuración de líneas de edificación y retiros, presencia de vegetación, etc.

Tabla 1. Circuitos de las estaciones móviles; vehículos con registradores de temperatura.

Circuito	Recorrido	Tiempo hrs
1.Costa:	Centro, hacia la costa por Blvd. Fidel Velásquez, Blvd. Adolfo López Matéos, Avenida Tamaulipas, Boulevard costero, Avenida Álvaro Obregón, Emilio Portes Gil, Centro.	1:25
2.Rio y Madero:	del centro a Avenida Hidalgo, Avenida Ayuntamiento, Avenida Universidad, Blvd. Adolfo López Matéos, Avenida Monterrey, Centro	1:05
3.Libramiento:	Centro, Avenida Hidalgo, Blvd. Loma Real, Avenida Libramiento, Carr. Cd. Valles, Torreón, Centro	1:00
4.Faja de oro:	Centro, Rosario Bustamante, Avenida Ejercito Mexicano, Faja de Oro, Prolongación Faja de Oro, Aeropuerto, Avenida Hidalgo, Centro	1:10
5.Circulo:	Centro, Avenida Monterrey, 1o de Mayo / Francisco Sarabia, Avenida Ejercito Mexicano, Avenida Hidalgo, Río Sabinas, Miraflores, Avenida Chariel, Reforma, Avenida Hidalgo, Centro	1:05

Nota: En todos los circuitos, el Estacionamiento Parque Metropolitano, de la Plaza de la Libertad, fue el punto de salida y llegada de los circuitos.

Los datos de los mini-dataloggers, modelo Hobo H8, fueron transferidos a una planilla Excel para lograr una rápida visualización de las variaciones de los registros (Figura 3).

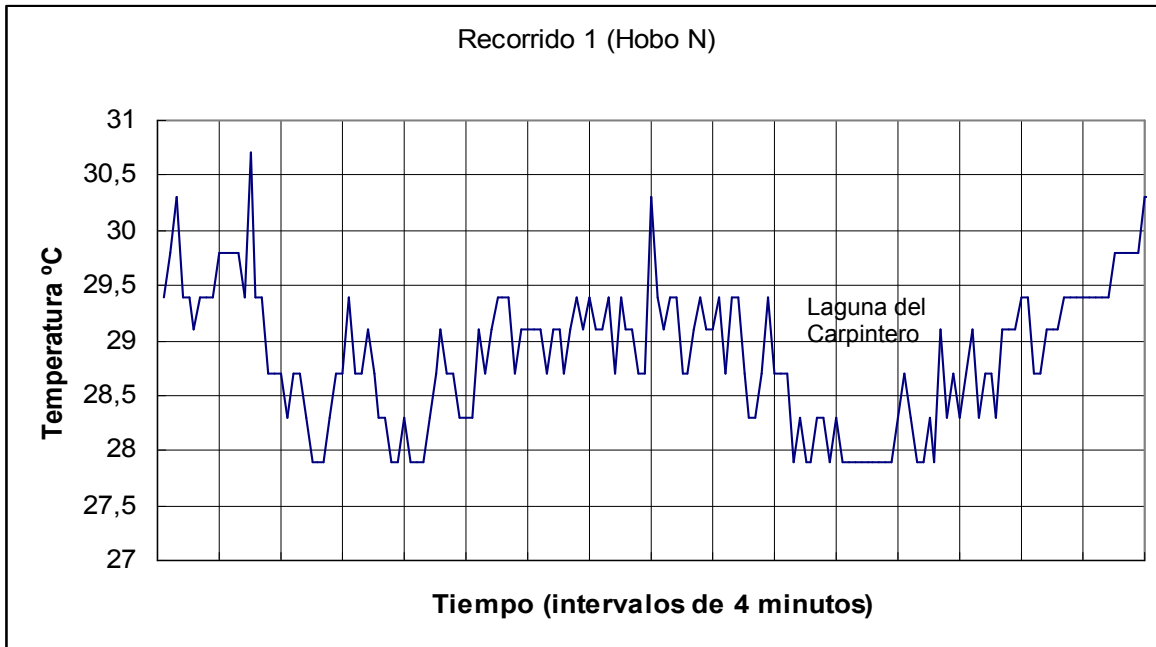


Figura 3. Ejemplo del registro de temperatura de un sensor.

En esta primera etapa, se verifican las variaciones térmicas principales, pudiéndose localizar las zonas con mayor y menor temperatura. Con los datos registrados durante los recorridos, se identificaron las ubicaciones de las intersecciones de calles y avenidas en un plano de la ciudad para establecer relaciones entre las observaciones y los registros de tiempo con las temperaturas correspondientes. Con estos datos, se graficaron las isotermas de la isla de calor, utilizando los datos de temperatura registrados en cada intersección principal de los recorridos realizados. En una segunda etapa, se digitalizaron todos los registros de temperatura, según el siguiente procedimiento: con un archivo de la imagen del plano de la ciudad, insertada como fondo en el programa AutoCad, se trazó cada circuito como 'poli-línea' obteniendo sus coordenadas. Las coordenadas de cada punto fueron insertadas en las planillas Excel para obtener un archivo de las horas, temperaturas y coordenadas de cada registro. Los puntos fueron digitalizados, utilizando la rutina de gráficos de Excel, designando un color específico a cada temperatura. Esta segunda instancia permite visualizar la distribución de temperaturas incorporando todos los datos, los cuales suman más de 800 registros.

Tabla 2. Ejemplo de referencia del aumento de temperatura exterior con aire acondicionado registrado en la Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México, 11:30 hs.

Punto de medición	Temperatura	Diferencia
Temperatura del aire exterior	31-32°C	-
Temperatura del aire interior con A/C	25-26°C	- 6 grados
Temperatura del aire en la salida del equipo	37-38°C	+ 6 grados

RESULTADOS

El experimento de la isla de calor de Tampico registró una variación de temperatura de 4 grados, observándose desde un mínimo de 26° C en la costa y 27° en los ríos y lagunas, hasta 29° C en zonas desfavorables de los centros urbanos y zonas con alta densidad y alta cobertura del suelo con edificios o asfalto. La zona mas densa, en el centro de Tampico, alcanzó 30° C (Figuras 3 y 4).

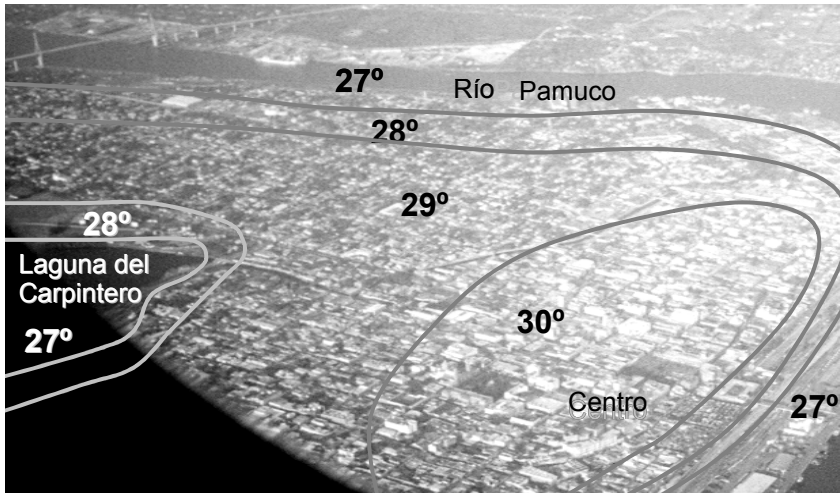


Figura 3. Isotermas de la isla de calor de la Ciudad de Tampico.

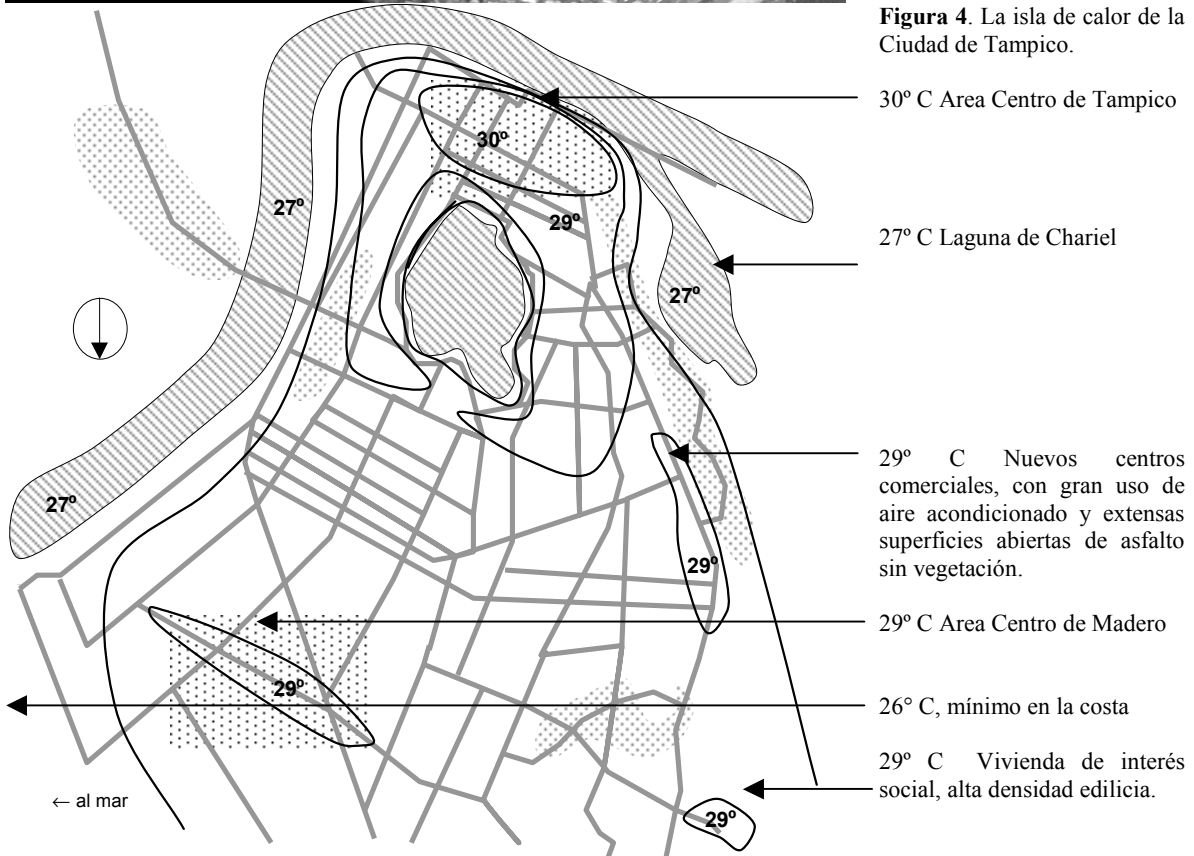


Figura 4. La isla de calor de la Ciudad de Tampico.

CONCLUSIONES

La isla de calor de la Ciudad de Tampico, con clima cálido y húmedo, presenta una intensidad similar a la detectada en otros estudios anteriores en climas templados y muy fríos de Argentina. La variación de 3°C entre zonas densas del centro urbano y zonas periféricas con agua y vegetación es demostrativo del impacto del hábitat construido. A diferencia de estudios anteriores, donde se verificó una sola 'isla' con temperaturas crecientes hacia el centro de la zona urbana, en este caso se detectaron varias zonas de mayor temperatura, coincidentes con distintos centros en una estructura urbana policéntrica. Si bien la densidad y altura de la masa edificada 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 las temperaturas registradas en estas zonas (Tabla 2), adicionalmente a la concentración de tránsito. Una zona muy densa de vivienda de interés social, ubicada al Norte de la ciudad, también coincide con altos registros. Las lagunas, tanto dentro de la zona urbana como las adyacentes a la zona estudiada, presentan temperaturas menores, mientras el efecto moderador del mar, con 26° C en la costa, registra

la menor temperatura observada durante el experimento. Estos resultados validan las siguientes recomendaciones para contribuir a la mitigación de la isla de calor:

- Mantener espejos de agua y conservar zonas de vegetación en la zona urbana.
- Evitar grandes extensiones de asfalto, especialmente en estacionamientos vehiculares.
- Controlar el FOS, Factor de Ocupación del Suelo, reduciendo la superficie de techos.
- Promover el arbolado urbano y el uso de vegetación en terrenos particulares.

Los resultados, obtenidos en el marco de un curso de posgrado, fueron muy satisfactorios, demostrando que:

- El ejercicio fue motivador para el grupo de participantes, permitiendo demostrar fenómenos urbanos en su ciudad sin depender de equipamiento sofisticado.
- La preparación del experimento y la planificación de los circuitos se llevaron a cabo en el lapso de una semana con la participación activa de los maestrandos y personal del posgrado.
- El experimento permite la enseñanza e implementación de técnicas de medición, incluyendo la calibración de instrumentos, la verificación de los registros obtenidos y la graficación de los resultados.
- La detección de los resultados iniciales es inmediata, con la presentación de variaciones de temperatura a los participantes, a una hora después de completados los circuitos.

RECONOCIMIENTO

Este trabajo se inscribe en el marco del proyecto UBACyT A25, Universidad de Buenos Aires. El caso de estudio, realizado en el primer curso de la Maestría en Arquitectura Sustentable, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México, fue posible gracias al interés y dedicación de los participantes de la Maestría y del Programa de Formación de Formadores, ProFF, a cargo de los autores, y al apoyo brindado por el Rectorado de dicha Universidad para desarrollar actividades de experimentación en arquitectura, en el marco de la sustentabilidad urbana.

REFERENCIAS

- BRE (2000), *BREEAM Rating System*, Building Research Establishment, Garston.
- BRE (2002), *Eco-homes*, Building Research Establishment, Garston.
- Chandler, T. J. (1965), *The climate of London*, Hutchinson, London.
- de Schiller, S. y Evans, J. M. (2000), *Urban Climate and Compact Cities in Developing Countries*, pp. 117-124, en Jenks, M. y Burgess, R., Eds. (2000), *Compact Cities, Sustainable Urban Forms for Developing Countries*, Spon Press, London.
- de Schiller, S., Evans, J. M. y Katzschner, L. (2001), *Isla de calor, microclima urbano y variables de diseño: estudios en Buenos Aires y Río Gallegos*, pp 1.45-1.50, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 5, 2001.
- Evans, J. M. y de Schiller, S. (1994), *Sustainable urban development for Haikou: design guidelines for a warm humid coastal city*, pp. 165-184, in Wiesman, B., Xiaowei, L. and Xiang, L., Eds. (1994), *Urban design: Tropical Coastal Cities*, China Architecture and Building Press, Haikou.
- Evans, J. M., de Schiller, S., Casabianca, G., Fernández, A. y Murillo, F. (2001), *Ambiente y Ciudad*, Serie Difusión 15, SICyT, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Oke, T. R. (1982), *Boundary layer climates*, Academic Press, London; y Oke, T. R. (1987), Cambridge University Press, Cambridge.
- Oke, T., Taesler, R. y Olsson, L. E. (1991) *The Tropical Urban Climate Experiment (TRUCE)*, Energy and Buildings, 15-16 (1990-1991) pp 67-73.
- U. S. Green Building Council, (1998), *LEED Buildings, Green Building Rating System Criteria*, U.S. Green Building Council, San Francisco.

ABSTRACT: The urban heat island demonstrates the impact of the built environment that produces an increase in ambient temperatures in cities. In previous studies by the authors, experiments were undertaken to measure the heat island intensity in cities with temperate and very cold climates in Argentina, such as Buenos Aires and Río Gallegos. In this study, measurements were made of the heat island intensity and distribution in the city of Tampico with hot-humid climate, State of Tamaulipas, on the Gulf de Mexico, latitude 21° North. Following a description of the climate and urban development, the methodology is presented, using five mobile stations to register the spatial distribution of temperature in the evening during the hottest season of the year. The results, in contrast to previous studies, show a number of different locations with increased temperatures, coinciding with specific urban features. The influence of large lagoons also produces a significant decrease in the ambient temperatures of adjacent urban zones, demonstrating the importance of preserving these features to reduce the unfavourable impact of the urban heat island on energy demand and thermal comfort in the city.

Keywords: Urban heat island, urban development, mobile stations, thermal comfort, warm humid climate.