



Influencia de la forma urbana en el microclima térmico de Sagua la Grande

Influence of Urban Form in the Thermal Microclimate of Sagua la Grande

Yamí Castro Conrado, Enrique Fernández Figueroa y Arnoldo Álvarez López

RESUMEN: El análisis de la influencia de la forma de la ciudad en el microclima térmico permite conocer más detalladamente sobre los elementos urbanos que admiten la transformación para obtener ambientes exteriores más confortables a través del planeamiento y el diseño urbano. La presente investigación tiene como objetivo determinar el microclima térmico en la ciudad de Sagua la Grande a partir del conocimiento previo de las zonas tipológico-formales que predominan. Para el monitoreo de las variables climáticas se localizaron puntos de medición en forma de malla en todo el asentamiento abarcando todas las zonas morfológicas. Los resultados han mostrado el contraste climático entre el área urbanizada y su entorno inmediato, así como en diferentes momentos del día y entre las zonas tipológico-formales que caracterizan la ciudad. Se corroboró, además, que en los puntos de medición existe una relación significativa entre los elementos urbanos que lo conforman y el comportamiento de las variables climáticas.

PALABRAS CLAVE: morfología urbana, forma urbana, microclima térmico.

ABSTRACT: The analysis of the influence of the shape of the city in the thermal microclimate thoroughly allows the knowing of the urban elements that support the transformation of the city to more comfortable outdoor environments through planning and urban design. This research aims to determine the thermal microclimate in Sagua la Grande city from the previous knowledge of the predominating typological-formal areas. For monitoring of climatic variables, measuring points were located in a mesh throughout the settlement covering all morphological zones. The results have shown climate contrast between the urbanized area and its immediate surroundings, as well as at different times of day and between formal typological areas that characterize the city. It is further confirmed that the measurement points in a significant relationship between urban elements that shape and behavior of the climatic variables.

KEYWORDS: urban morphology, urban form, thermal microclimate.

Introducción

La ciudad actúa como un importante factor modificador del clima regional y sus componentes influyen de diferentes formas sobre las condiciones climáticas locales, dando lugar a lo que se conoce como microclima urbano. El crecimiento de la ciudad, la contaminación atmosférica provocada por el tráfico automotor y las industrias, el aumento de la masa de hormigón unido a la disminución de la vegetación urbana, la localización del asentamiento en el territorio y la influencia de las condiciones climáticas locales, influyen en el aumento de las temperaturas urbanas las que inciden en el confort y el estrés térmico provocando un aumento del consumo de energía [1, 2].

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente, se hace necesario considerar los principios de la física ambiental aplicada al urbanismo, la arquitectura y el diseño desde el planeamiento, a partir de reconocer la influencia que ejercen sus partes componentes. La relación entre la altura del edificio y la configuración de las calles que difieren por su ancho, orientación y ubicación, incide en la distribución del viento dentro de la ciudad, modifican la temperatura y los balances de radiación entre el suelo y el aire circundante. Materiales como el asfalto y el hormigón, presentes en cubiertas, muros y pavimentos absorben alrededor de tres veces más calor que la vegetación natural, además reducen la evaporación y aumentan la escorrentía superficial [1].

La complejidad de este problema ha propiciado numerosos estudios en varias ciudades en el mundo, dadas las relaciones que se establecen entre las características formales del asentamiento y el comportamiento del clima urbano.

En cuanto a la morfología e intensidad de la Isla de Calor (en lo adelante ICU), Fernández [3] ha establecido que están condicionadas, entre otros factores, por la densidad de las edificaciones y la existencia de parques. Moreno y Oke [4], Yuan y Bauer [5] indican la importancia de la composición de las grandes áreas verdes, las cuales aparecen como zonas relativamente frías en comparación con las superficies construidas de su entorno.

Otras investigaciones abordan la relación entre la ICU y la geometría de las calles. Según Eliason [5] y Sarricolea [6], la orientación de las calles y el bajo factor de visión del cielo dentro del cañón urbano, influyen en las características de la ICU. Yamashita [4] destacó que la densidad de las edificaciones y la rugosidad de las ciudades influyen fuertemente en el factor de visión del cielo, aumentando la intensidad de la temperatura del aire, lo cual resulta similar a lo señalado por Bello [7].

En Cuba se han desarrollado estudios sobre la ICU. Pueden citarse a Alfonso y De la Peña [8], los que realizaron un análisis del comportamiento microclimático en zonas compactas de La Habana, a partir de mediciones realizadas en diferentes puntos de la ciudad, confirmando la presencia de un acentuado contraste en las condiciones térmicas en diferentes momentos del día, así como entre las zonas donde se realizaron las mediciones. Por otra parte, Díaz [9] en sus estudios determinó la influencia que la densidad de ocupación del suelo por las edificaciones tiene en el incremento de la temperatura del aire en las ciudades.

Se comprobó, además, que el comportamiento de la temperatura del aire en la sección de la calle es heterogéneo y su distribución es distinta a través de estas. Hay que destacar que en vías estrechas se reduce la temperatura por efecto del sombreado, el cual disminuye la exposición al sol y el calor absorbido y emitido, mientras que las vías anchas son más calurosas. Sin

1. NIEVES, María; GUEVARA, Vladimir and CAMPOS, Aida. *Efectos sobre elementos climáticos. Los asentamientos humanos, el uso de la tierra y los cambios globales*. La Habana: Programa Nacional de Cambios Globales, 2001. Cap. V-4, volumen II, pp. 346-384. Proyecto 01304089.
2. SHARIFAH KHALIZAH SYED OTHMAN, Thania; NIK HANITA NIK, Mohamada and SHARIFAH MASTURA SYED, Abdullab. "The Influence of Urban Landscape Morphology on the Temperature Distribution of Hot-Humid Urban Centre". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2013, No. 85, pp. 356 – 367.
3. FERNÁNDEZ, F; MONTÁVEZ, J.P.; GONZÁLEZ-ROUCO, J.F. y VALERO, F.: *Relación entre la estructura espacial de la isla térmica y la morfología urbana de Madrid*. Santander: Asociación Española de Climatología, 2004. Serie A, No. 4.
4. CUADRAT PRATS, J.M.; VICENTE-SERRANO, S.M. y SAZ SÁNCHEZ, M.A. "Los efectos de la urbanización en el clima de Zaragoza (España): La Isla de calor y sus factores condicionantes". *Boletín de la A.G.E.* 2005, No 40, pp.311-327.
5. SARRICOLEA, Pablo; ALISTE, Enrique; CASTRO, Pamela y ESCOBEDO, Cristian; "Análisis de la máxima intensidad de la isla de calor urbana nocturna de la ciudad de Rancagua (Chile) y sus factores explicativos". *Revista de climatología*. 2008, Vol. 8, pp. 71-74.
6. SARRICOLEA ESPINOSA, P. y ROMERO ARAVENA, H. "Análisis de los factores condicionantes sobre las temperaturas de emisión superficial en el área metropolitana de Valparaíso, Chile". *ACE: Arquitectura, ciudad y entorno*. Vol.14, pp.79-96. 2010.
7. ORTIGOSA IZQUIERDO, L.; SOBRÓN GARCÍA, I. y GÓMEZ VILLAR, A. "Microclima higrótérmico invernal de Logroño. Aportación al análisis del confort urbano". *BERCEO*. No 141, pp.163-182. 2001.
8. ALFONSO GONZÁLEZ, A. y DE LA PEÑA GONZÁLEZ, A.M. *La ciudad compacta. Arquitectura y microclima*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2011. ISBN 978-959-07-1415-3.
9. ORTIZ, R. "¿Dónde hace calor en la Habana? El microclima de la ciudad". *Diario de la Marina*, Suplemento en retrogrado. La Habana, 1955.

embargo, entre la temperatura y los materiales urbanos se percibe que la radiación llega de distintas maneras a cada superficie dependiendo de su orientación, de la geometría y composición, así como las características del material que retiene el calor diurno y lo desprende por la noche.

Otros autores como Ortiz [10] y Paz [11] reflejan la diferencia de temperatura entre las zonas que conforman el área de estudio, que en este caso fue Ciudad de La Habana (actualmente La Habana), coincidiendo los valores máximos en las zonas de mayor densidad edificada [8, 12]. Nieves y Prilipko [13] también desarrollaron importantes estudios sobre el clima de La Habana, durante el período 1986-1994, llegando a definir la presencia de la ICU y su comportamiento.

A finales del siglo pasado, durante los años 90, dichas investigaciones continuaron desarrollándose en ciudades más pequeñas ubicadas en la región central del país, específicamente en Villa Clara. Estos estudios profundizaron en el comportamiento de las variables climáticas dentro del contexto urbano y sus particularidades. Puede citarse a Lecha [14] quien realizó estudios en la ciudad de Santa Clara sobre los efectos de la tipología arquitectónica en el microclima urbano, igualmente Álvarez [15] analiza el comportamiento de la ICU y su relación con las zonas tipo morfológicas que conforman el tejido urbano santacolareño.

Al analizar todos estos referentes coincidimos con el criterio de que efectos como la modificación de los vientos o la formación de la ICU dependen de factores como la topografía, la cercanía a masas de agua (río, mar), la latitud, las características del clima local, entre otros; en los que planificadores, urbanistas y arquitectos no pueden incidir directamente. Sin embargo, en lo referente a la ciudad, elementos de la morfología como la vegetación, la volumetría, la sección de calle, los materiales de las superficies de muros, cubiertas y pavimento, son algunos de los elementos que a partir de su manejo pueden modificar el comportamiento de las temperaturas urbanas.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, puede entenderse la necesidad de conocer de qué manera la morfología urbana influye en el comportamiento del microclima térmico, para lograr con el manejo de la forma de la ciudad mejoras en los niveles de calidad ambiental de los espacios urbanos, incidiendo positivamente en el interior de las edificaciones y confort de sus habitantes, así como en la eficiencia energética de las ciudades, a través de estrategias y recomendaciones de diseño bioclimático al espacio urbano, como un aporte para la sostenibilidad de la ciudad.

El trabajo que se presenta forma parte de una investigación que trata sobre la relación entre la morfología urbana y el microclima térmico, tomando como caso de estudio la ciudad de Sagua la Grande. En una primera etapa se definieron las zonas tipológico-formales de dicha localidad [16] las cuales se tomaron como punto de partida para dar respuesta al objetivo de la segunda etapa, que consiste en la definición del microclima térmico de esa localidad, tema central del presente artículo.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en la ciudad de Sagua la Grande ubicada al norte noroeste de la provincia de Villa Clara (Cuba), con latitud 22 48°N y longitud 80 05°W [17], a 17 km de la costa. Cuenta con una extensión territorial de 792 ha, una población (año 2010) de 41 756 habitantes, de lo que resulta una densidad poblacional bruta total de 53 hab/ha [18]. Es considerada la segunda ciudad en importancia de la provincia de Villa Clara, luego de Santa

10. PAZ CASTRO, Luis. *El complejo temperatura-humedad relativa del aire en las condiciones climatológicas de Cuba y sus aplicaciones*. TGD. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Meteorología, 1987.
11. ALFONSO GONZÁLEZ, A. "El calor en la Habana". *Arquitectura y Urbanismo*. La Habana: ISPJAE. Facultad de Arquitectura, 2000, No.4, pp. 7-14.
12. NIEVES, María E.; PRILIPKO, Guenadi. "Urbanismo y régimen térmico". *Arquitectura y Urbanismo*. La Habana: ISPJAE. Facultad de Arquitectura, 1988, No. 3, pp. 8-12.
13. DÍAZ QUINTERO, Gisela. *El régimen térmico en espacios abiertos intraurbanos de Ciudad de La Habana*. La Habana: ISPJAE. Facultad de Arquitectura, 1998.
14. LECHA, Luis. "Efectos de la tipología arquitectónica en el microclima urbano". En: *Primer Simposio Nacional de física ambiental*. La Habana, 1989. 13 p.
15. ÁLVAREZ LÓPEZ, Arnoldo. *Diagnóstico y regulaciones del ambiente térmico en espacios urbanos y exteriores en el trópico - húmedo*. Santa Clara: UCLV. Facultad de Construcciones, 1994. 106 p.
16. CASTRO, Yamí; FERNÁNDEZ, Enrique y ÁLVAREZ, Arnoldo. "Morfología Urbana en la ciudad de Sagua la Grande". / *Arquitectura y Urbanismo*. [en línea]. La Habana: ISPJAE. Facultad de Arquitectura, 2014, No.3. Disponible en: <http://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/download/314/288>.
17. Comisión NACIONAL DE NOMBRES GEOGRÁFICOS (CNNG). *Instrucciones para los trabajos de normalización de los nombres de los repartos, barrios y núcleos poblacionales de los asentamientos urbanos de los municipios*. Versión ajustada. La Habana: Oficina Nacional de Estadísticas, 2007.
18. REPÚBLICA DE CUBA OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA. ONE. *Panorama Demográfico*. La Habana: ONE, 2010.

Clara (capital provincial). Presenta algunas peculiaridades ambientales y urbanas que la distinguen: es atravesada por el río Sagua la Grande considerado el mayor del territorio, su cercanía al mayor embalse de agua de la provincia (figura 1), la existencia dentro del tejido urbano de industrias de carácter nacional (la fundición, los ferrotalleres y la electroquímica), calles muy anchas y edificaciones de alto valor patrimonial (el Casino Español, el Palacio Arenas, Iglesia Parroquial).

Es un territorio predominantemente llano, bajo y pantanoso. Las escasas elevaciones se concentran al suroeste de la ciudad. Presenta una estación meteorológica que registra las variables climáticas locales, las cuales se caracterizan por máximos medios en el período lluvioso en el mes de julio con 27,2 °C y los mínimos medios ocurren en el período seco en el mes de enero, con 20,8 °C y febrero, con 21,4 °C. La humedad relativa media histórica es de 79 %, siendo esta una de las más elevadas de la provincia [19]. Los horarios donde ocurren los valores altos de temperatura y bajo de humedad relativa son entre las 10 am a las 7 pm. El viento histórico presenta componente predominante del este (figura 2), el cual se mantiene durante todo el día, cambiando hacia las 7 am hacia el sureste [20].

19. INSMET. *Guía climática de Villa Clara*. Santa Clara: Centro Meteorológico Provincial. INSMET, 2009.

20. INSMET. *Guía Climática de Sagua la Grande*. Santa Clara: Centro Meteorológico Provincial. INSMET, 2009.



Figura 1: Delimitación del entorno de Sagua la Grande.

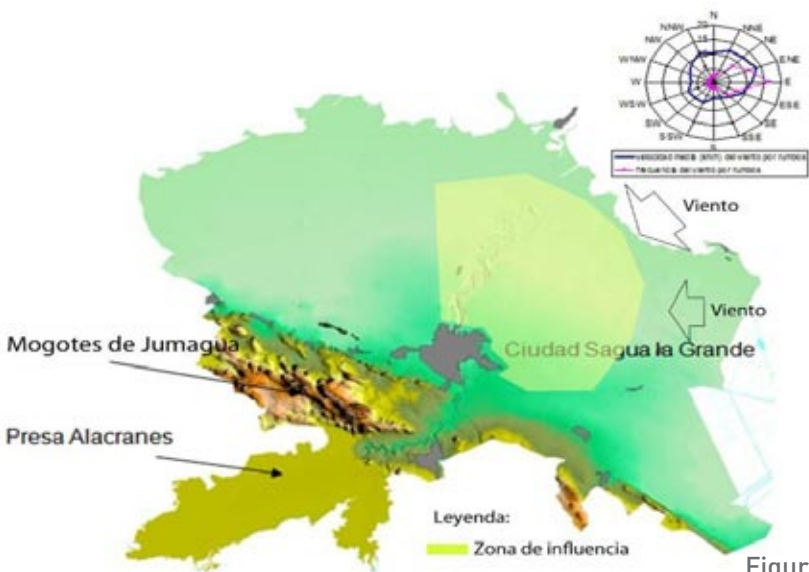


Figura 2: Zona de influencia climática.

Criterios para la selección de la muestra y los puntos de medición

El estudio del microclima térmico de la ciudad de Sagua la Grande se realizó a partir de los resultados obtenidos del análisis de la forma urbana en artículo [16] publicado anteriormente donde se identificaron once zonas tipológico-formales (en lo adelante ZTF) y en cada una se ubicaron varios puntos de monitoreo para observar la distribución de las temperaturas exteriores (tabla 1).

Se seleccionaron 23 puntos ubicados en forma de malla a distancia de 300 y 500 m (de tres a cuatro cuadras, según sus dimensiones y hasta cinco) (figura 3) [15]. Esta malla varió su uniformidad según la forma del tejido urbano, abarcando todas las zonas del asentamiento.

Igualmente se tuvo en cuenta la información climática de la estación meteorológica de referencia (en lo adelante EMR) ubicada a 22,16 m sobre el nivel del mar [20], en las afueras del asentamiento, en la Calzada de Backer, vial que comunica a Sagua la Grande con Quemado de Güines y el Circuito Norte (figura 3). Tiene una base de datos climáticos de más de

Tabla 1: Características morfológicas de los puntos de medición.

Zonas tipológico-formales (ZTF)			
Puntos de medición del microclima térmico (PMMT)	ZTF I: edificaciones en tira de dos niveles de piso PMMT: 6	ZTF II: edificaciones en tira de un nivel de piso PMMT: 2 y 5	ZTF III: edificaciones en tira de un nivel de piso PMMT: 3 y 4
			
ZTF IV: edificaciones aisladas PMMT: 8 y 9	ZTF V: edificaciones aisladas con medio portal PMMT: 11, 12 y 13	ZTF VI: edificaciones aisladas con medio portal PMMT: 14, 15 y 16	ZTF VII: edificaciones aisladas con portal privado PMMT: 7, 21 y 22
			
ZTF VIII: edificaciones aisladas con medio portal PMMT: 19 y 20	IX: edificios multifamiliares aislados PMMT: 23	X: edificios multifamiliares aislados PMMT: 17 y 18	XI: grandes instalaciones PMMT: 1 y 10

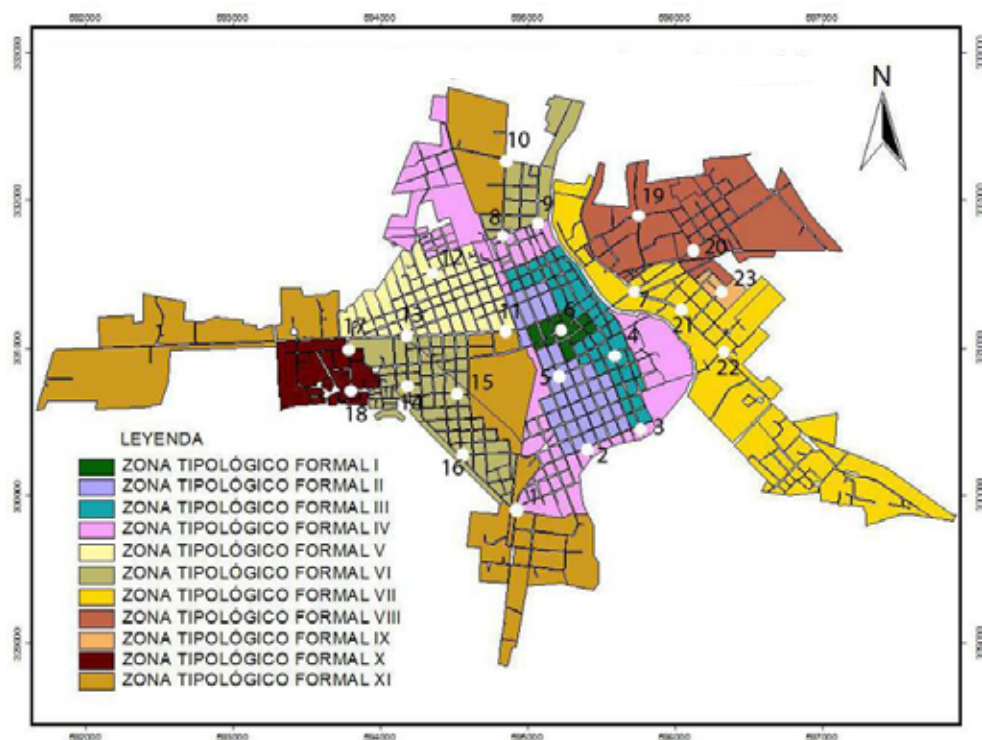


Figura 3: Zonas tipológico-formales y puntos de medición del microclima urbano. Sagua la Grande.

30 años, con información diaria completa y horaria detallada, que permite comparar los valores medidos en la zona urbana con los registrados en dicha instalación.

Realización de las observaciones del microclima urbano

Al realizar las mediciones se tuvieron en cuenta algunas consideraciones que se exponen a continuación:

- Igualdad de condiciones en todos los puntos seleccionados, donde la toma del dato se realizó a través de un recorrido previamente establecido, cuidando que las mediciones fueran lo más confiables posibles a una altura de 1,5 m y separadas a más de 2,0 m de las construcciones aledañas, así como de árboles u otros objetos; de esta forma, se disminuye la influencia de las superficies sobre el valor monitoreado. Además, los observadores esperaron aproximadamente 20 seg para estabilizar el instrumento, antes de tomar las mediciones en cada punto.
- Para el registro del dato se confeccionó una planilla con información sobre el lugar y las condiciones del entorno al punto de observación. Se anotó la fecha, el número del punto, la altura de la medición, la hora, las lecturas de la temperatura seca y húmeda, así como la dirección del viento, la nubosidad, las características del entorno circundante y si el dato se tomó a la sombra o al sol.
- Los recorridos se realizaron a partir de la malla preestablecida, durante siete días en los horarios de la mañana y la tarde, en los meses representativos de las estaciones de verano e invierno. Esta razón se basa en experiencias empíricas y responde a un criterio técnico-económico.
- Las mediciones se realizaron en julio del 2002 y febrero del 2004. La selección de los meses responden, principalmente, al criterio de que julio

es uno de los meses donde ocurren los valores máximos de temperatura y febrero es uno donde ocurren los valores mínimos [20]. La selección de los horarios de medición se realizó a partir del criterio de tomar el dato en el momento de menor y mayor incidencia del sol. Ambos criterios se basaron en comprobaciones con los valores históricos característicos de la EMR.

- Para la medición de la temperatura seca y la temperatura húmeda se utilizó el psicrómetro Assman Modelo MB-4M, con una resolución de 0,5 y un error máximo de $\pm 0,5$. Para determinar la humedad relativa se utilizó la Tabla Psicrométrica [21]. Las coordenadas de los puntos se obtuvieron por mediación del GPS Portable MAGELLAN-explorist 600. Antes de comenzar el trabajo de campo, los instrumentos fueron calibrados y verificados para asegurar sus buenas condiciones y garantizar la toma del dato en forma correcta.

Estación de referencia

Se procesaron los registros de la estación de referencia en el período de medición para las variables de temperatura y humedad relativa del aire. Se utilizó la información registrada por los higrotermógrafos, los cuales proporcionaron el dato en el horario exacto en que se realizó la medición en la ciudad.

Igualmente, se procesaron los datos de temperatura de la ciudad y se relacionó con la registrada en la EMR. Se determinó, además, la relación de la temperatura urbana con las distintas zonas tipológico-formales que caracterizan los tejidos existentes.

Procesamiento estadístico de los datos

Del monitoreo se obtuvieron un total de 1 288 datos de temperatura seca y de temperatura húmeda y como resultado del trabajo de gabinete 644 datos de humedad relativa. La información obtenida (1 932 datos en total) y la registrada en la estación meteorológica de referencia (1 288 datos) se procesaron estadísticamente para lograr una caracterización de la población muestreada. Este número de la observación proporcionó información suficiente para determinar la distribución de la temperatura exterior en el área de estudio.

Se promediaron los datos obtenidos de cada punto de medición, para representar los valores medios diarios y se creó una base de datos que consta de las siguientes variables:

- Año, mes, día y hora.
- Valores de la temperatura en la estación.
- Valores de la humedad relativa en la estación.
- Valores de la temperatura en la ciudad.
- Valores de la humedad relativa en la ciudad.

Para el análisis de la relación entre las variables climáticas urbanas y los datos de la EMR se usaron técnicas de estadística (tabla 2).

Al tener en cuenta lo extenso del estudio y el reducido espacio de este artículo, solo se expondrán los resultados referidos al análisis de la variable de temperatura para el mes de julio, mes donde se registraron los valores más elevados reconociéndose las condiciones de discomfort por las altas temperaturas y el aumento de la demanda de energía para la climatización.

21. MOYA, Aldo y NÚÑEZ, Elio; *Tablas psicrométricas*. Centro de atención a la Red de Estaciones. Instituto de Meteorología. Ed. Academia, 2010.

Tabla 2: Valores de temperatura registradas en la ciudad y la EMR									
Puntos Medición	CIUDAD Promedio AM	EMR Promedio AM	DIFTEMP AM-JULIO	CIUDAD Promedio PM	EMR Promedio PM	DIFTEMP PM-JULIO	Promedio Ciudad	Promedio EMR	DIFTEMP
1	27,1	25,8	1,4	32,7	30,9	1,8	29,9	28,3	1,6
2	27,7	26,0	1,8	31,7	30,2	1,6	29,7	28,1	1,7
3	27,2	26,6	0,6	32,8	30,2	2,5	30,0	28,4	1,6
4	27,7	26,4	1,3	32,0	30,1	1,9	29,8	28,3	1,6
5	27,9	26,5	1,4	32,8	30,0	2,8	30,3	28,2	2,1
6	27,6	27,0	0,6	32,7	30,1	2,6	30,1	28,5	1,6
7	28,2	29,0	-0,8	32,5	29,6	2,9	30,4	29,3	1,1
8	28,3	27,3	1,0	32,1	29,9	2,2	30,2	28,6	1,6
9	28,1	28,6	-0,5	32,7	30,0	2,6	30,4	29,3	1,1
10	28,0	27,9	0,1	33,0	29,9	3,1	30,5	28,9	1,6
11	28,0	28,5	-0,5	32,9	29,9	3,0	30,5	29,2	1,2
12	28,5	27,5	1,0	32,8	29,9	2,9	30,7	28,7	1,9
13	29,1	29,6	-0,5	31,9	29,3	2,6	30,5	29,4	1,0
14	28,9	28,0	1,0	32,6	30,2	2,5	30,8	29,1	1,7
15	28,6	27,7	0,9	32,1	30,0	2,1	30,3	28,8	1,5
16	29,2	28,4	0,8	33,0	30,4	2,6	31,1	29,4	1,7
17	28,2	27,9	0,3	32,7	30,1	2,6	30,4	29,0	1,4
18	28,4	28,1	0,3	32,6	29,9	2,7	30,5	29,0	1,5
19	27,8	29,0	-1,1	32,2	29,7	2,5	30,0	29,3	0,7
20	28,9	29,9	-1,1	33,0	29,4	3,6	30,9	29,7	1,3
21	28,5	29,3	-0,8	32,3	29,6	2,7	30,4	29,4	1,0
22	27,8	29,5	-1,8	32,0	29,5	2,4	29,9	29,5	0,3
23	28,8	29,3	-0,6	32,4	29,6	2,8	30,6	29,5	1,1

Resultados y discusión

Análisis de los valores de temperatura registrados en la ciudad y la EMR

En general, los resultados han indicado el contraste climático entre el área urbanizada y su entorno inmediato, apreciándose mayores valores en los puntos monitoreados de la ciudad, en relación con los datos de la EMR. Los registros de temperatura fueron variados en las diferentes zonas tipológico-formales, con valores promedios de 29,7 °C a 31,1 °C. Los valores promedios de la EMR resultaron entre 28,1 °C y 29,7 °C, siendo de más de 1 °C de diferencia con respecto a la ciudad. Puede observarse, además, que los valores de temperatura urbana se presentan con más homogeneidad percibiéndose mayor sensación de calor (figura 4).

En las figuras 5 y 6 se observa la relación de las mediciones urbanas con la EMR en los horarios de la mañana (am) y la tarde (pm) del mes de julio. Se aprecia cómo en la mañana ambas curvas se entrelazan, notándose que en la mayoría de los puntos monitoreados en la ciudad, existen valores superiores a los registrados en la estación (estos puntos son 1 al 6, 8, 12,

14 al 18). No ocurre lo mismo en la tarde, donde se presentan todos los puntos medidos en el área urbana con valores superiores a los registrados en la EMR, percibiéndose la ciudad más cálida que su entorno, debido a las características de los materiales que conforman los elementos urbanos, a la forma de los conjuntos edificados y al movimiento de la propia ciudad.

Para este mes, la temperatura media registrada en la EMR es de 27,2 °C, alcanzando los máximos valores en el horario de la tarde, específicamente a la 1 pm con 31,4 °C y los valores mínimos se registran en la madrugada y la mañana, específicamente a las 7 am con 23,9 °C [20]. Al compararlo con los valores obtenidos en el período de medición en la ciudad, se aprecia que estos resultan más elevados que los citados anteriormente. Por ejemplo, se registró una temperatura media de 30,3 °C, con valores máximos en el horario de la tarde de 32,5 °C y valores mínimos registrados en la mañana con 28,2 °C.

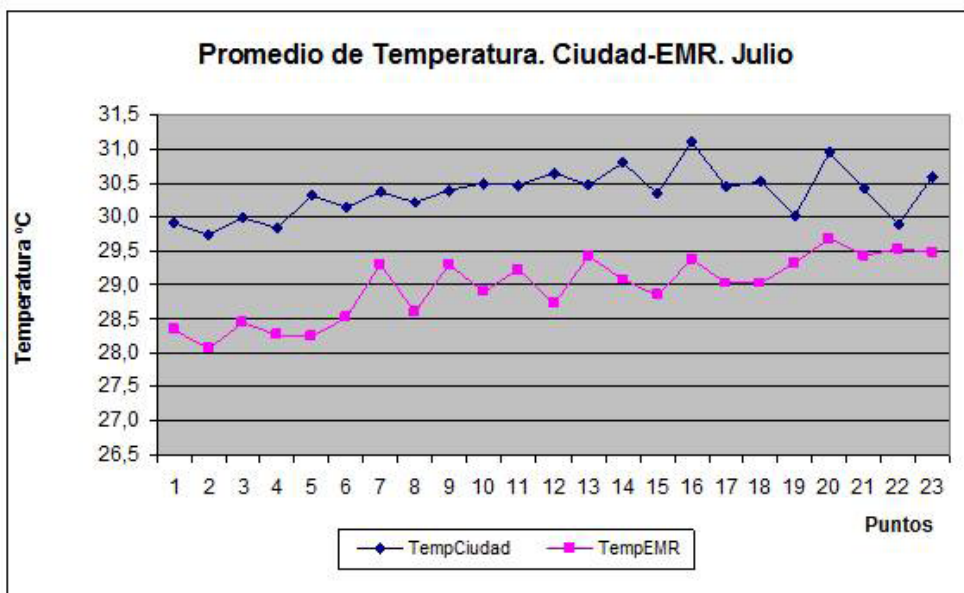


Figura 4: Relación de los valores promedio de temperatura en el período de julio entre la ciudad y la EMR.

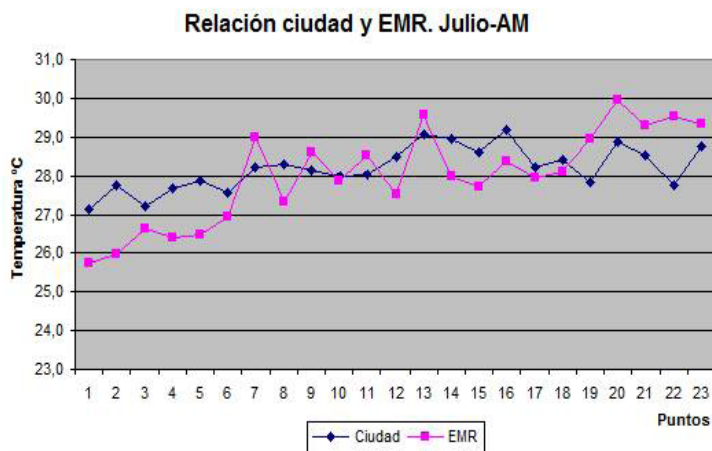


Figura 5: Relación de los valores promedio de temperatura en julio en la mañana (am) entre la ciudad y la EMR.

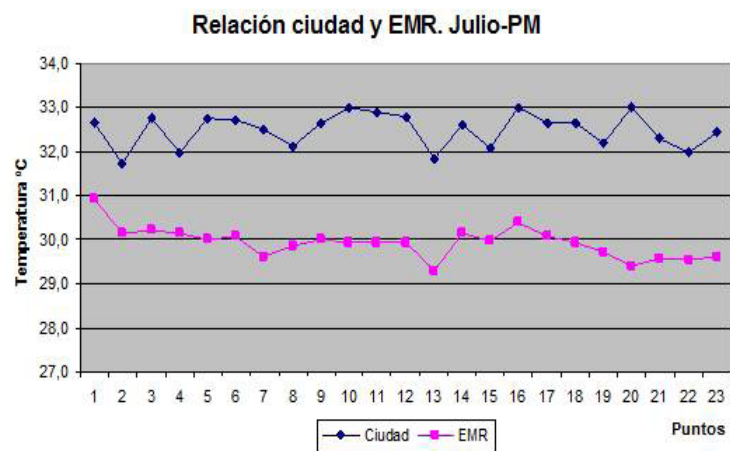


Figura 6: Relación de los valores promedio de temperatura en julio en la tarde (pm) entre la ciudad y la EMR.

Valoración del comportamiento térmico urbano

En la figura 7 se representa la distribución espacial de los valores de temperatura del mes de julio. Se observan claramente cuatro zonas de sensibilidad térmica con una variación de 0,5 °C entre cada una de ellas, excepto la de mayor valor que abarca las diferencias de temperatura por encima de 2 °C ($\Delta T \rightarrow 2\text{ °C}$).

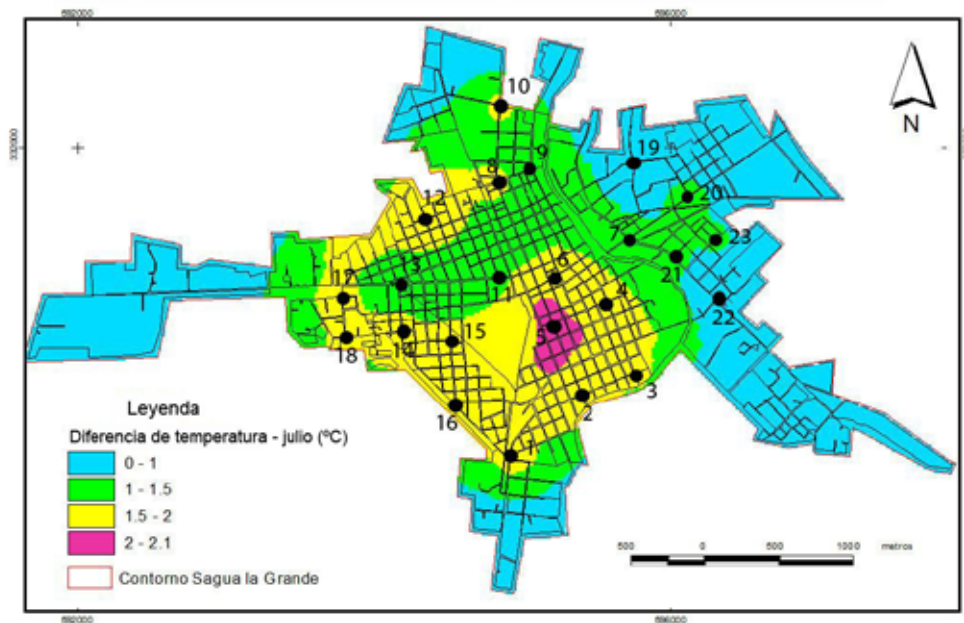


Figura 7: Microclima térmico de Sagua la Grande. Diferencia de temperatura en julio.

Se distingue una zona hacia el centro-sur con los valores más elevados de $\Delta T \rightarrow 2\text{ °C}$ que se corresponde con la zona donde existen las edificaciones asociadas por pared medianera y pasillo lateral, siendo más compacta y, por tanto, más densamente edificada. También se presentan las vías de entrada y salida de la ciudad. Le siguen los valores de 1,5 a 1,99 °C (representados con el color amarillo) que se concentran en el centro de la ciudad y abarcan no solo la zona compacta, sino también donde las edificaciones se asocian por pasillo perimetral y edificios multifamiliares aislados.

Hacia la periferia se presentan las zonas más frescas del asentamiento, con valores de ΔT entre 0 y 0,99 °C (representados con el color azul). Los valores de ΔT entre 1 y 1,49 °C (representados con el color verde) se observan limitando con las zonas cálidas y las zonas frescas. Puede notarse una franja que penetra hacia las dos calzadas de Backer y Oña, orientadas este-oeste con valores de ΔT entre 1 y 1,49 °C, favorecidos por las características propias del entorno de la ciudad (figura 2). Esto permite la incidencia directa de los vientos predominantes del Este sin obstáculo alguno, unido a la orientación de la retícula, alturas predominantes de 4 y 6 m de un nivel de piso, además, del ancho de las calles, lo que propician los valores de temperaturas registrados.

Análisis de la relación entre las zonas tipológico-formales y el microclima térmico

Con la distribución espacial de las zonas tipológico-formales (en lo adelante ZTF) (figura 3) y el microclima térmico (figura 7) se logran percibir las zonas más frescas, desde el punto de vista térmico, ubicadas en la periferia urbana y las más calurosas ubicadas hacia el centro de la ciudad (tabla 1).

En el área del centro de la ciudad se presentan las ZTF I, II, y III (tabla 3 y figura 8) donde se registran valores medios de temperaturas mayores de 29,6 °C con ΔT de 1,5 a 2,1 °C en relación con la EMR. Predominan las edificaciones asociadas por pared medianera y pasillo lateral con patio trasero, excepto la zona I que no lo presenta. Las calles están orientadas al norte-noroeste y este-sureste. La sección entre fachadas es de fachada-acera-calle y los materiales que la conforman son: en el pavimento asfalto y en las aceras hormigón. La relación del ancho entre fachadas es de 10 a 13 m, con altura de los edificios predominante de hasta 6 m de un nivel de piso, excepto la zona I donde predominan las edificaciones de dos niveles de piso, con 12 m de altura. La escasa vegetación en espacios urbanos como parques, microparques y ausencia total de arbolado urbano, coincide con los materiales que forman parte de las edificaciones en muros de mampostería o paredes de madera y cubierta plana de losas casetonadas o inclinadas de teja y madera.

Tabla 3: ZTF según zonas térmicas

Zonas Tipológico-formales	Puntos de medición	Zonas térmicas
I	6	1,5-1,99 °C
II	2, 5	1,5-2,1 °C
III	3, 4	1,5-1,99 °C
IV	8, 9	1,0-1,99 °C
V	11, 12, 13	1,0-1,99 °C
VI	14, 15, 16	1,5-1,99 °C
VII	7, 21, 22	0-1,49 °C
VIII	19, 20	0-1,49 °C
IX	23	1,0-1,49 °C
X	17, 18	1,5-1,99 °C
XI	1, 10	0-1,99 °C



Figura 8: Representación de las ZTF según las zonas térmicas de la ciudad.

Otras de las ZTF donde se presentan valores de ΔT superiores a 1.5 °C a los registrados en la estación de referencia, son las zonas X y XI (tabla 3 y figura 8). En la ZTF X predominan los edificios multifamiliares aislados, con cuatro y cinco niveles de piso y alturas de 12 y 15 m. La vegetación se presenta indistintamente en los espacios entre edificios y los parterres, sin llegar a ser significativa. El pavimento es de asfalto y la tipología que predomina es de muros de mampostería u hormigón con cubierta plana de losas. Esta zona es similar a la ZTF IX y difieren por su ubicación en el asentamiento y por la orientación de la retícula. En la ZTF XI predominan las grandes instalaciones y se caracteriza por edificaciones de varios niveles y alturas de 3 hasta 5 m. Los espacios abiertos son privados, asociados a instalaciones y la vegetación se presenta de forma moderada. Los materiales que conforman los elementos de muros y cubierta son variados, desde el uso de mampostería y hormigón, hasta materiales precarios como el cinc.

En las zonas IV, V y VI (tabla 1) se presentan los valores de ΔT entre 1,5 a 1,99 °C (tabla 3 y figura 8). En todas predominan, como forma de asociación de las edificaciones, pasillo perimetral con patio trasero. La sección entre fachadas es de calle, con o sin acera, jardín y medio portal. La distancia entre las edificaciones oscila entre 10 y 12 m, con presencia de asfalto en mal estado como pavimento, césped y arbustivas en los jardines privados y en el caso que se presenta la acera (zona V), es de hormigón en mal estado. La volumetría se presenta de un nivel de piso con altura predominante de hasta 3 m. La orientación de la retícula es variada para las diferentes zonas (figura 3). La tipología constructiva que predomina es de edificaciones con muros de mampostería y cubiertas planas de losas de hormigón o inclinadas de teja y madera. La vegetación es abundante y se presenta en el interior de la manzana, exteriorizándose hacia la calle.

En este caso específico, la ubicación de las zonas en el contexto urbano es uno de los factores que pudiera determinar el comportamiento térmico en las mismas debido a las características de su entorno inmediato. Al igual que algunos puntos significativos dentro de las zonas presentan valores de ΔT entre 1 a 1,5 °C. Por ejemplo, el punto 9 (ZTF IV) se encuentra próximo al río y los puntos 11 y 13 (ZTF V) se localizan en la calzada de Backer.

Las zonas más frescas se localizan hacia el este del río, en la periferia del asentamiento (zonas VII, VIII, IX) con valores de ΔT de 0 a 1,49 °C (tabla 3 y figura 8). Las ZTF VII y VIII (figura 3) las caracterizan edificaciones aisladas asociadas por pasillo perimetral con patio trasero, aunque la zona morfológica VIII tiene presencia significativa de patio jardín lateral. La sección entre fachadas en la zona VII la componen calle, jardín y medio portal; para el caso de la zona VIII se presenta similar, pero con portal privado. El ancho de las calles oscila entre 8 y 10 m con pavimento de asfalto en mal estado. Las edificaciones tienen de altura predominante 3 m y un nivel de piso. Las cubiertas que predominan son inclinadas y planas indistintamente, de teja y madera u hormigón; los muros son fundamentalmente de mampostería. La vegetación se localiza en el interior de las manzanas, aunque esta se exterioriza hacia la calle. La orientación de la retícula es del noroeste al sureste.

La ZTF IX registra similares valores (tabla 3 y figura 8), aunque sus características difieren de las zonas antes descritas. Predominan los edificios multifamiliares aislados, con cuatro y cinco niveles de piso y alturas de 12 y 15 m, la vegetación se presentan indistintamente en los espacios entre edificios y los parterres, el pavimento es de asfalto y la tipología que

predomina es de muros de mampostería u hormigón con cubierta planas de losas. Al igual que las zonas antes descritas, la orientación de la retícula es del noroeste al sureste.

El entorno inmediato a estas zonas morfológicas es quien le confiere las características propias al encontrarse en la periferia, ya que los efectos del calor almacenado por los materiales que conforman la ciudad son mínimos, hay presencia de abundante vegetación y en el caso de la variable viento, incide positivamente sin obstáculos que impidan su desplazamiento hacia esta parte de la ciudad.

Conclusiones

En el presente trabajo se han realizado los análisis referentes a la relación térmica entre la ciudad y su entorno inmediato, teniendo en cuenta los valores registrados en la EMR durante el período de medición y las características climáticas locales. Se confirmó la presencia de un acentuado contraste en las condiciones térmicas en diferentes momentos del día y entre las zonas tipológicas-formales de la ciudad de Sagua la Grande, siendo efectivo el estudio del microclima térmico a partir de la identificación de la distribución espacial de las zonas tipológico-formales.

Las zonas más frescas, desde el punto de vista térmico, se localizaron en la periferia urbana y las más calurosas hacia el centro de la ciudad. Aunque se percibe que la ciudad se calienta más que su entorno inmediato, porque se registran en la mayoría de los puntos de la ciudad valores medios de temperatura por encima de 29,5 °C con diferencias de temperaturas superiores a 1,5 °C en relación con la EMR, percibiéndose una homogeneidad espacial de los contrastes entre los puntos y esto muestra una marcada sensación de calor en toda la ciudad.

Se corroboró que en los puntos de medición existe una relación significativa entre los elementos urbanos que lo conforman y el comportamiento de las variables climáticas. En el análisis realizado se detectó que en los puntos próximos al río (puntos 7, 9), al límite este de la zona urbana (puntos 19, 22) y en espacios abiertos (puntos 11, 13, 20, 21, 23) donde la presencia de vegetación es significativa, se registraron valores de diferencias de temperaturas (de 0 a 1,49 °C) menores que en las zonas céntricas (valores de 1,5 a 2,1 °C) donde predominan la compacidad, la vegetación urbana es escasa, así como el pavimento es de asfalto y hormigón.

Igualmente se evidenció que las características del entorno próximo a las zonas tipológico-formales, tiene una alta influencia en el comportamiento del microclima térmico. En el estudio realizado se mostró como las ZTF V y VI (ΔT entre 1,5 a 1,99 °C), ubicadas hacia el oeste de la ciudad, con características similares a las ZTF VII y VIII (ΔT de 0 a 1,49 °C), ubicadas al este, presentaron valores de temperaturas diferentes; en este caso también coinciden la ZTF IX (ΔT de 0 a 1,49 °C), localizada al este de la ciudad y la ZTF X (ΔT entre 1,5 a 1,99 °C), localizada al oeste.



*Yamí Castro Conrado
Centro Meteorológico Provincial de Villa
Clara. INSMET. CITMA
yami.castro@insmet.vcl.cu*



*Enrique Fernández Figueroa
Facultad de Arquitectura. Instituto
Superior Politécnico José Antonio
Echeverría, Cujae
enrifer@arquitectura.cujae.edu.cu*



*Arnoldo Álvarez López
Facultad de Construcciones.
Universidad Central Marta Abreu de Las
Villas, UCLV
Arnoldo@uclv.edu.cu*