

## Estudio preliminar de la isla de calor estival de la ciudad de Cienfuegos y su relación con la forma urbana

### Preliminar study of Cienfuegos city summer heat island and its relationship with urban shape

Sinaí Barcia-Sardiñas<sup>1✉</sup>, Yami Castro-Conrado<sup>2</sup>, Emilio Caballero-Reyes<sup>3</sup>, Raquel Angulo-Romero<sup>3</sup>, René Cordero-López<sup>3</sup>, René Delgado-Álvarez<sup>3</sup>, Endris Viera-González<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Meteorológico Provincial, Cienfuegos, Cuba

<sup>2</sup> Centro Meteorológico Provincial, Villa Clara, Cuba

<sup>3</sup> Centro Meteorológico Provincial, Cienfuegos, Cuba

#### Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo principal estudiar el microclima térmico de la ciudad de Cienfuegos en el período estival y su relación con la forma urbana. Para ello se realizó un monitoreo del microclima urbano (temperatura y humedad relativa) durante una semana del mes de julio de 2016 utilizando el método asincrónico. La red de puntos de medición fue diseñada a partir de la caracterización de las zonas tipológico-formales de la ciudad. Los resultados mostraron la existencia de la isla de calor urbana en Cienfuegos en el período estival evidenciándose diferencias en la intensidad y ubicación de la misma en dependencia del horario del día. Además se determinó la relación entre la forma de la ciudad y el microclima urbano lo cual resulta de gran utilidad en el diseño de soluciones apropiadas, capaces de mitigar las intensas sensaciones de calor sofocante predominantes en esta época del año.

**Palabras claves:** isla de calor urbana, forma urbana, clima urbano

#### Abstract

The present work has as main objective to study the Cienfuegos city thermal microclimate in summer and its relation with the urban shape. For this, a monitoring of the urban microclimate (temperature and relative humidity) was carried out during a week of July 2016 using the asynchronous method. The network of measurement points was designed from the characterization of the typological formal areas of the city. The results showed the existence of the urban heat island in Cienfuegos in the summer period evidencing differences in its intensity and location depending

✉ Autor para correspondencia: Sinaí Barcia-Sardiñas. E-mail: [sinai@cfg.insmet.cu](mailto:sinai@cfg.insmet.cu)

Recibido: 7/7/2017

Aceptado: 12/9/2017

on the time of day. In addition, the relationship between the shape of the city and the urban microclimate was determined, which is useful in the design of appropriate solutions capable of mitigating the intense heat sensations prevailing at this time of year.

**Keywords:** urban heat island, urban shape, urban climate

## Introducción

La ciudad constituye la forma más radical de transformación del paisaje natural, pues su impacto no se limita a cambiar la morfología del terreno, sino que además modifica las condiciones climáticas y ambientales. El asfalto, los edificios y el trazado de la red viaria modifican los balances de radiación entre el suelo y el aire, reducen la evaporación, aumentan la escorrentía superficial y disminuyen la velocidad del viento a la vez que aumenta la turbulencia. Todo ello se traduce en un aire altamente contaminado y la aparición de un clima urbano característico, cuyo rasgo más destacable es el aumento de las temperaturas en relación a las áreas suburbanas ([Fernández & Martilli, 2012](#)).

Uno de los efectos más evidentes de esta alteración climática inducida por la urbanización es el fenómeno conocido como “isla de calor”, con el que se quiere expresar el ambiente térmico más cálido que alcanza el interior de la ciudad respecto al medio rural que la rodea. La percepción de esta peculiaridad es antigua pero la constatación de su existencia es más cercana y se verificó en Londres, por el químico Howard, en 1818 ([Cuadrat et al., 1993](#)). Estudios posteriores en nuevas áreas urbanas y la ampliación de los objetivos de trabajo han impulsado las investigaciones sobre el clima urbano y hoy constituye uno de los temas que suscitan mayor interés dentro del campo de la climatología como respuesta a los principales problemas que acompañan al creciente proceso de urbanización en nuestro planeta.

Según reporte de la Organización de Naciones Unidas ([ONU, 2014](#)), para el 2050 el 66 % de la población mundial vivirá en ciudades. El mismo informe califica el manejo de las zonas urbanas como uno de los más importantes retos de desarrollo del siglo XXI, y enlista vivienda, infraestructura, transportación y demandas de energía entre las principales prioridades de planificación.

Entre las principales conclusiones del V Informe del [IPCC \(2013\)](#), se vaticinó que es probable que, para fines del siglo XXI, la temperatura global en superficie sea superior en 1,5 °C a la del período entre 1850 y 1900. Esto unido al efecto de “isla de calor urbana” (ICU) determina que en la ciudad se incremente la temperatura urbana, lo que aumenta el riesgo de mortalidad y morbilidad en esas áreas. Igualmente influirán sobre el confort y el estrés térmico, lo que conducirá a un aumento del consumo energético para climatización.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto resulta necesario en el contexto actual encontrar una alternativa al tratamiento tradicional del paisaje urbano que esté en sintonía con una creciente conciencia medioambiental sobre las ciudades y la naturaleza. En este sentido Organizaciones Mundiales como la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), además de universidades y entidades de diferentes países dedican recursos humanos y materiales en el estudio del comportamiento climático en las grandes ciudades aplicado a la

arquitectura, la planificación y el ordenamiento urbano, entre otros temas ([Castro, 2015](#)).

Las investigaciones sistemáticas de los elementos del clima urbano no son muy abundantes en Cuba y se concentran fundamentalmente en la capital y centro del país. Puede citarse los estudios realizados por [Ortiz \(1955\)](#) y [Paz \(1987\)](#), y en La Habana, los cuales reflejaron la diferencia de temperatura entre las zonas que conformaron el área de estudio coincidiendo los valores máximos con las de mayor densidad edificada. Igualmente con la colaboración soviética y en el marco de las investigaciones realizadas por el “Laboratorio Conjunto Cubano-Soviético de Meteorología Tropical”, se desarrollaron importantes estudios sobre el clima de la ciudad de La Habana, durante el período 1986-1994 por los autores Nieves y Prilipko.

Referente al tema de microclima urbano, [Alfonso & De la Peña \(2011\)](#), 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.

Durante los años 90, dichas investigaciones continuaron desarrollándose en ciudades más pequeñas ubicadas en la región central del país, específicamente en Villa Clara. [Lecha \(1989\)](#), realizó estudios en la ciudad de Santa Clara sobre los efectos de la tipología arquitectónica en el microclima urbano. Por su parte [Álvarez \(1994\)](#), desarrolló trabajos donde analizó el comportamiento de la ICU y su relación con las zonas tipo morfológicas que conforman el tejido urbano santaclareño.

En años más recientes se han realizado estudios en ciudades de hasta 50000 habitantes de la propia provincia de Villa Clara (Remedios, Camajuaní, Sagua la Grande)

([Castro et al., 2007](#); [Castro et al., 2014](#); [Castro, 2015](#)). En estos estudios se destaca la incidencia de las distintas estructuras morfológicas de cada una de las ciudades estudiadas en la modificación del microclima urbano.

En la provincia Cienfuegos el único antecedente al respecto que se conoce es el estudio titulado Microclimas Térmicos Urbanos y Contaminación Acústica en la ciudad de Cienfuegos de [Álvarez & Prado \(2005\)](#). En el mismo se avalúan características del clima urbano y la situación del ruido como problema ambiental en la ciudad de Cienfuegos. Para caracterizar el clima urbano solo realizaron mediciones de temperatura y humedad relativa del 29 al 30 de marzo del 2005 en horarios comprendidos entre 10:00 am y 4:00 pm. El presente estudio pretende dar continuidad al mismo y se enmarca en el Proyecto Nacional de Investigación y Desarrollo: “Microclima urbano en ciudades del centro de Cuba en interrelación con el planeamiento y el diseño urbano” teniendo como objetivo principal: Estudiar el microclima térmico de la ciudad de Cienfuegos en el período estival y su relación con la forma urbana.

## Materiales y Métodos

### *Características físico- geográficas de la Ciudad de Cienfuegos*

La Ciudad de Cienfuegos, es una ciudad costera desarrollada junto a la Bahía de Jagua, también llamada Bahía de Cienfuegos (su accidente geográfico de mayor relevancia), que constituye uno de sus principales elementos distintivos, extendiéndose al norte y este de la misma. Se ubica en los 22° 08'46" de latitud norte y en los 80° 27'1 4" de longitud oeste, ocupando un área total de 4 400 Ha (44.00 km<sup>2</sup>). Tiene una altura promedio de 22.5 m (snmm) y una población de 147110 habitantes ([ONE, 2015](#)).

El relieve en su generalidad es de llanura ondulada, medianamente diseccionado y poco inclinado, aunque se encuentra severamente modificado como consecuencia de la transformación urbana. La costa es de terraza baja encontrándose algunas áreas pantanosas asociadas fundamentalmente a la desembocadura de ríos y arroyos.

Las corrientes superficiales más importantes que atraviesan el área son los ríos de primer orden: Damují, y el río Salado cuyos niveles de contaminación limitan su uso. Existen además dentro del límite urbano varios arroyos que conforman la red de drenaje superficial más importante: Inglés, Las Calabazas, O'Bourke y Junco Sur, también con pésimas condiciones ambientales.

El clima es tropical, estacionalmente húmedo con influencia marítima. La temperatura media anual es de 24.7 °C y la humedad relativa es del 76%. El mes de Enero es el más frío con una temperatura media de 21.6 °C y el mes de Julio es el más cálido con 27.0 °C. La precipitación media anual es de 1363.1 mm, con un período seco (noviembre-abril) y otro húmedo (mayo-octubre) ([Barcia, 2012](#)).

Los vientos predominantes todo el año en la ciudad de Cienfuegos son de región Nordeste. Desde el punto de vista local los sistemas de vientos locales (brisas de mar y tierra) adquieren una gran importancia en la ciudad, al estar situada en el centro sur de la isla de Cuba. Esta situación geográfica hace que haya un cambio notable en las direcciones predominantes del viento entre la noche y el día. Así, por ejemplo, el comportamiento promedio del viento durante la noche y primeras horas de la mañana tiene una componente principal de región Nordeste, mientras que en el horario de mayor calentamiento se aprecia un cambio notable de

la circulación del viento con direcciones predominantes de componente Sur al Suroeste.

La configuración propia de la bahía de Cienfuegos modifica también la dirección de la brisa en la ciudad, ya que por el día las aguas de la misma demoran más en calentarse que la tierra circundante y se crean microbrisas en toda la costa interior, algunas de las cuales se oponen al vector brisa marina propiamente dicho mientras otras se suman ([Lecha, 1993](#)).

#### *Estructura urbana y funcional*

La ciudad presenta un trazado ortogonal predominante que conforma una retícula casi perfecta con orientación norte-sur. Este patrón cubre la mayor parte de la misma y solo se orienta hacia el noreste en su extremo este.

En el centro histórico y áreas intermedias predomina la trama cerrada con edificaciones medianeras en bloques compactos mientras que hacia el este-noreste y sur de la ciudad la trama es semiabierta con el predominio de viviendas aisladas y zonas de edificios multifamiliares dispersos o en pequeños grupos.

Las características antes descritas se modifican totalmente en las zonas industriales y grandes zonas de edificios multifamiliares donde la trama es abierta con un trazado que no se corresponde con el trazado tradicional de la ciudad.

Desde el punto de vista funcional las áreas con diferentes usos o actividades están bien diferenciadas (residenciales, industriales, turística recreativa, parques, paseos y plazas, centro histórico y de servicios, subcentros, servicios aislados, zonas de grandes instalaciones y grandes instalaciones dispersas) y el sistema vial de trazado ortogonal predominante, facilita las interrelaciones ([Planificación Física, 2015](#)).

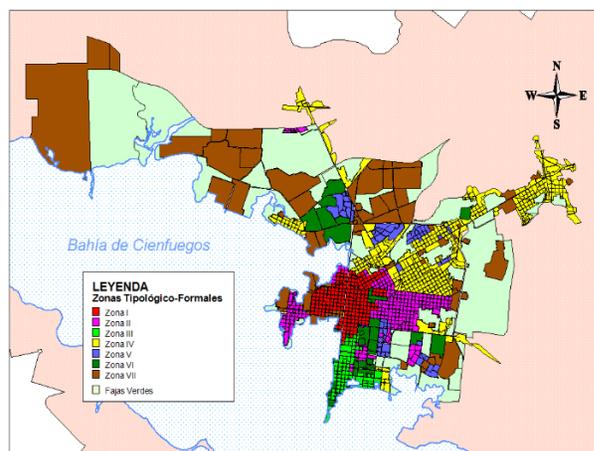
Morfológicamente la Ciudad se caracteriza por presentar siete Zonas Tipológico-Formales

(Castro *et al.*, 2016) las cuales se describen a continuación (Figura 1):

- **ZTF I:** Esta zona es la más antigua, compacta y densamente poblada de la ciudad y la misma incluye el Centro Histórico y Centro Comercial. En ella predominan las manzanas cuadradas y rectangulares grandes con lotes regulares pequeños y medianos, las edificaciones tienen de 1 a 2 plantas con alturas que pueden llegar hasta los 12 m y la vegetación es muy escasa solo concentrada en los espacios abiertos como el Parque Martí, Parque Villuendas, Paseo del Prado y Boulevard. La asociación entre edificaciones que predomina es la pared medianera con pasillo lateral y la sección entre fachadas prevaleciente es la de: fachada-acera-calle-acera-fachada.
- **ZTF II:** En esta clasificación se encuentran enmarcadas aquellas áreas que mantienen la retícula formal de la ciudad pero hay un predominio de tipologías más modernas. En esta zona se incluyen los barrios de la Juanita y Reina donde predominan las manzanas cuadradas e irregulares; grandes y muy grandes. Las edificaciones presentan de 1 a 2 niveles con alturas de hasta 6 m. También predomina la medianería, el pasillo lateral y el patio trasero pero la sección entre fachadas se combina entre: fachada-acera-calle y portal-acera-calle. La vegetación es escasa aunque aumenta ligeramente con respecto a la zona anterior y también se circunscribe al interior de las manzanas y algunas secciones de calles y avenidas (ave 50, ave 54, calle 61, entre otras)
- **ZTF III:** En esta zona predominan las viviendas de alto estándar constructivo con uso de materiales costosos y construidos fundamentalmente a partir de la década del 50, aunque algunas áreas son más recientes pero mantienen el mismo estilo. Las edificaciones se encuentran de forma aislada sobre amplias parcelas. En ella son abundantes los espacios verdes y la vegetación en el interior de las manzanas. Los barrios de Punta Gorda, Playa Alegre y parte del Reparto Eléctrico pertenecen a esta zona.
- **ZTF IV:** En este caso se encuentran los barrios de Tulipán, La Barrera, Pueblo Grifo Viejo, parte de San Lázaro, Buena Vista, La Esperanza, Caunao y Paraíso. En estas zonas hay un predominio de tipologías constructivas I y II (mampostería y placa y mampostería y teja) y la asociación entre edificaciones se combina entre la presencia de jardín, pasillo lateral y patio trasero con la medianería. Predominan varios tipos de secciones entre fachadas: fachada-acera-calle, portal-acera-calle y portal-jardín-calle. La vegetación aumenta notablemente sobre todo en el interior de las manzanas y el pavimento se encuentra en mal estado, observándose ausencia de aceras en muchas ocasiones.
- **ZTF V:** Zonas de edificios multifamiliares aislados de 4 a 5 plantas que se ubican en diferentes repartos de la ciudad (Pastorita, Junco Sur, Pueblo Grifo Nuevo, Buena Vista, zonas de nuevo desarrollo). La presencia de vegetación en algunas áreas es escasa y solo se circunscribe a algunos espacios, parques y microparques entre los edificios. La orientación de la retícula en estas zonas rompe con el trazado tradicional de la ciudad.
- **ZTF VI:** Zona que se caracteriza por la presencia de grandes instalaciones que tienen como rasgo característico predominante el empleo de la tecnología

Girón y los grandes espacios de áreas verdes. La altura de las edificaciones varía de 2 a 5 plantas y se ubican en manzanas irregulares grandes y muy grandes. En ella se incluyen la zona hospitalaria (Hospital Provincial, Banco de Sangre, Hospital Pediátrico), los grandes centros educacionales de la ciudad (Universidad, Pedagógico, Politécnico, Facultad de Ciencias Médicas), entre otros.

- **ZTF VII:** Zonas de grandes instalaciones vinculadas a la actividad industrial del territorio. Se caracterizan en su mayor parte por presentar un nivel de organización deficiente con una trama vial que rompe completamente con el trazado vial de la ciudad. También se caracterizan por la carencia en general de áreas verdes y mobiliario urbano.



**Figura 1.** Zonas Tipológico-Formales de la ciudad de Cienfuegos (Castro et al., 2016)

#### *Determinación del Microclima Urbano*

El transecto es una de las técnicas más empleadas en los estudios de clima urbano (Castro, 2015). El mismo consiste en la toma de medidas meteorológicas a lo largo de un recorrido o ruta previamente establecidos, utilizando estaciones meteorológicas móviles. La puesta en práctica de este método se realizó por primera vez en 1927 cuando Schmidt y

Peppler lo aplican para el estudio del clima de las ciudades de Viena y Karlsruhe en Austria y Alemania respectivamente (Serra, 2008). Desde entonces se ha convertido en una técnica muy usual y representativa para el análisis de los climas urbanos (Moreno, 1993).

La teledetección es la técnica más reciente utilizada en los estudios de clima urbano. Los sensores situados en satélites o aviones captan la temperatura radiante de las superficies urbanas, lo que permite un análisis detallado de la distribución espacial de la misma y su correlación con variables urbanas (Fernández & Martilli, 2012).

Las observaciones sincrónicas es otro de los métodos utilizados para la caracterización del clima de la ciudad. Este se basa entre otros aspectos en el aseguramiento material para lograr los resultados al unísono; requieren en primer lugar de un nivel elevado, que asegure la cantidad de instrumentos y personal necesario para la creación de una red microclimática densa con la ubicación de puntos situados cada 1 km y medio aproximadamente, aunque puede variar en dependencia de la trama urbana. Este procedimiento fue utilizado en Cuba por Nieves & Prilipko (1988), en el estudio de clima urbano de La Habana (Álvarez, 1994).

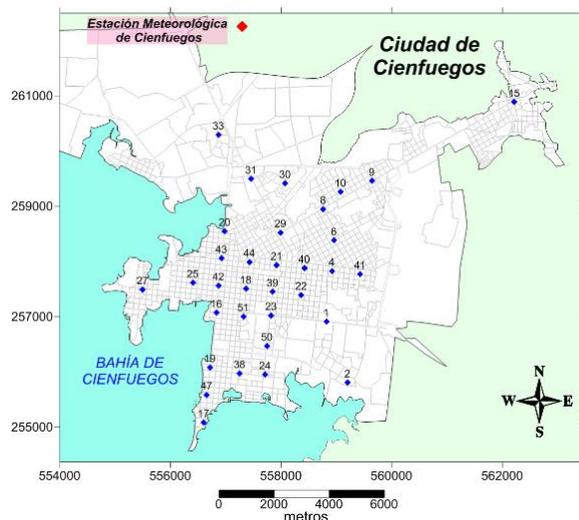
Por otra parte el empleo de la metodología de mediciones asincrónicas está determinado por la carencia de instrumentos y personal que realice a un mismo tiempo las observaciones. Se elige también cierta cantidad de puntos representativos dentro de la zona a analizar, con características de espacios abiertos, no cercanos a edificaciones que apantallen el lugar, donde se pueden lograr datos lo más confiable posible (Álvarez, 1994). Esta metodología es apropiada para países en vías de desarrollo con limitaciones de recursos y ha sido referida por varios autores en estudios de clima urbano según plantea Álvarez (1994). La misma puede entenderse como una variante del método de los

transeptos y ha sido utilizada en estudios similares en Cuba comprobando su efectividad ([Álvarez, 1994, 2004](#); [Álvarez & Prado, 2005](#); [Castro et al., 2007](#); [Castro et al., 2014](#); [Castro, 2015](#))

En el presente trabajo el monitoreo de las variables meteorológicas se realizó siguiendo las regulaciones para el diagnóstico del ambiente térmico en espacios urbanos y exteriores propuestas por [Álvarez \(1994\)](#), que incluyen:

- La realización de observaciones preferiblemente en días soleados con cielo despejado.
- La selección de puntos de medición separados a distancias aproximadamente de 500 m (cinco cuadras). En este caso fueron seleccionados 33 puntos de medición ([Figura 2](#)), diseminados por toda la ciudad de Cienfuegos, en forma de red, la cual en ocasiones cambia su uniformidad para adaptarse a la forma de la trama urbana, abarcando la mayor parte de las ZTF del asentamiento (zonas de la I a la V).
- La toma del dato a través de un recorrido previamente establecido, cuidando que las mediciones fueran separadas a más de 2.0 m de las construcciones aledañas u otros objetos, para disminuir la influencia de las superficies sobre el valor monitoreado y se realizó a 1.5 m de altura.
- El monitoreo en varios períodos del día: en este caso los escogidos fueron la mañana (07:30-08:30 hora local) y la tarde (13:30-14:30 hora local) como representativos de los horarios extremos del día (más fresco y más cálido).
- La utilización del método asincrónico para la realización de las mediciones. El mismo requirió contar con un instrumento registrador (Higrotermógrafo) de

referencia calibrado en la caseta meteorológica de la Estación Meteorológica de Referencia (EMR) y con instrumentos manuales (Psicrómetros Assman), en este caso se utilizaron 5, correctamente calibrados.



**Figura 2.** Red de puntos de monitoreo del microclima urbano en la Ciudad de Cienfuegos y ubicación de la Estación Meteorológica de Referencia

El procesamiento de los datos monitoreados requirió hallar las diferencias de temperatura y humedad relativa para cada punto a partir de los datos del higrotermograma de la EMR para los días y horarios en que se realizaron las observaciones. Finalmente se calculó la media aritmética de las diferencias de ambas variables en cada punto en los dos períodos del día escogidos obteniendo mapas medios de diferencias de temperatura y humedad relativa para las 8:00 y 13:00 horas (hora local).

Teniendo en cuenta las características del clima local se seleccionó la semana del 4 al 8 de julio de 2016 como representativa del período estival o de verano.

La EMR utilizada fue la estación de Cienfuegos ubicada en la zona de Cantarrana a la salida de la ciudad de Cienfuegos ([Figura 2](#)).

El análisis espacial de los resultados se realizó a través del Surfer 10.7.792 y el método de interpolación utilizado fue el Kriging.

## Resultados y Discusión

### *Determinación del microclima térmico urbano de la ciudad de Cienfuegos en el período estival*

El análisis del comportamiento de las variables monitoreadas de temperatura y humedad relativa se desarrolla y se fundamenta sobre la base de la influencia de las condiciones meteorológicas imperantes en el microclima urbano durante el período de medición.

La semana escogida en el mes de julio (4-8) de 2016 caracteriza correctamente las condiciones climáticas predominantes en el verano cubano. Las situaciones sinópticas influyentes en esos días estuvieron asociadas a la influencia cercana del anticiclón oceánico, con mucho calor, buen tiempo, vientos del primer cuadrante, pocas precipitaciones y cielos parcialmente nublados. El primer día de la semana sobre Cuba y mares adyacentes permanecía la débil influencia anticiclónica en superficie la cual se fue incrementando en los días posteriores con la penetración más hacia el oeste de la cuña anticiclónica.

Consecuentemente con esta situación sinóptica, según los datos de la EMR ([Figura 3](#)), la nubosidad fue escasa en todo el período estudiado. Solo el día 4 de julio esta aumentó notablemente en el horario del mediodía hasta llegar a los 4/8 de cielo cubierto.

Solo se reportó lluvia en la estación en el primer y último día del período (4 y 8 de julio). No obstante a ello en los pluviómetros de la ciudad pertenecientes a la red del Instituto de Recursos Hidráulicos se reportó lluvia además el martes 5 de julio.

La temperatura a las 13:00 horas experimentó un ascenso gradual en el transcurso de los días pasando de valores

cercanos a los 32 °C a sobrepasar los 33 °C el día 8 de julio. De hecho la temperatura máxima diaria se reportó este día con 34.0 °C a las 15:30 horas.

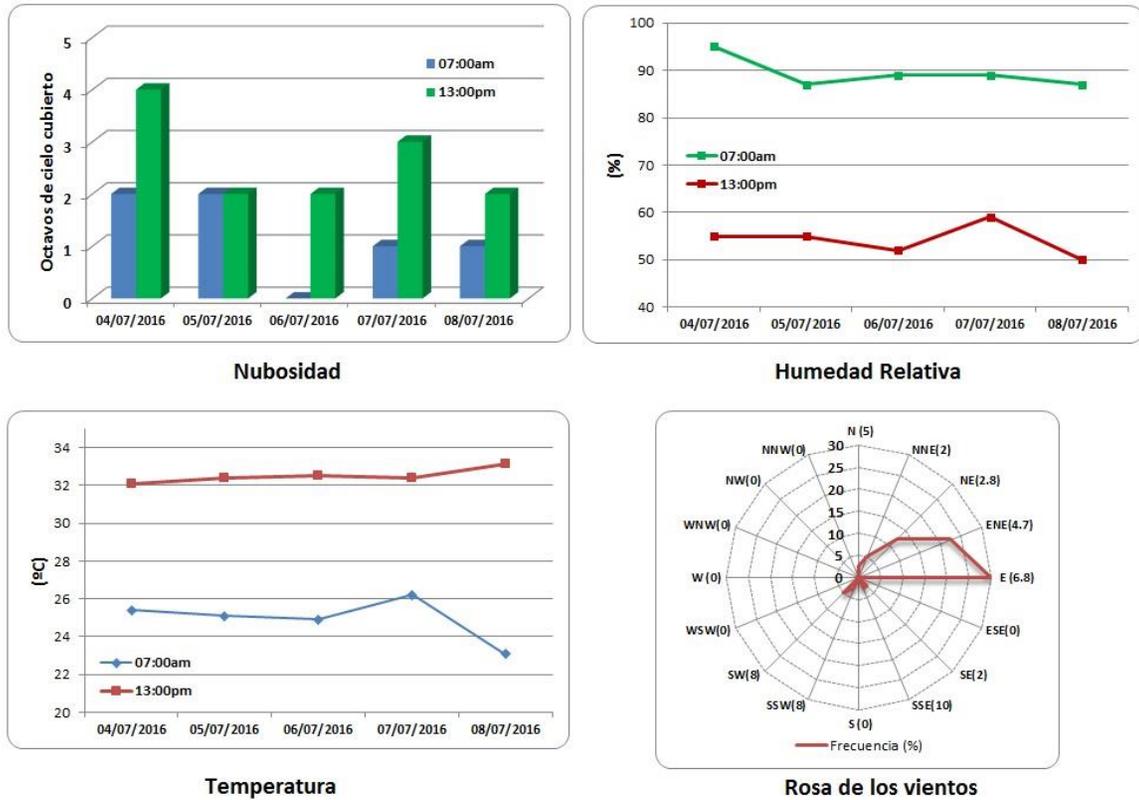
Al amanecer (7:000 horas) los valores de temperatura experimentaron mayores variaciones en el período estudiado con una tendencia a la disminución los primeros 3 días con valores inferiores a los 26.5 °C y luego un aumento notable el día 7 de julio para luego caer drásticamente el viernes 8 por debajo de los 24 °C. Esta fue la madrugada más fría de la semana con un valor absoluto de 23.8 °C a las 6:00 horas.

El viento se mantuvo con un rumbo predominante del Nordeste al Estenordeste durante las noches y mañanas, mientras que en las primeras hora de la tarde comenzó a girar al Este con la entrada de la brisa marina que tomó componentes del Sureste al Suroeste en esta semana ([Figura 3](#)).

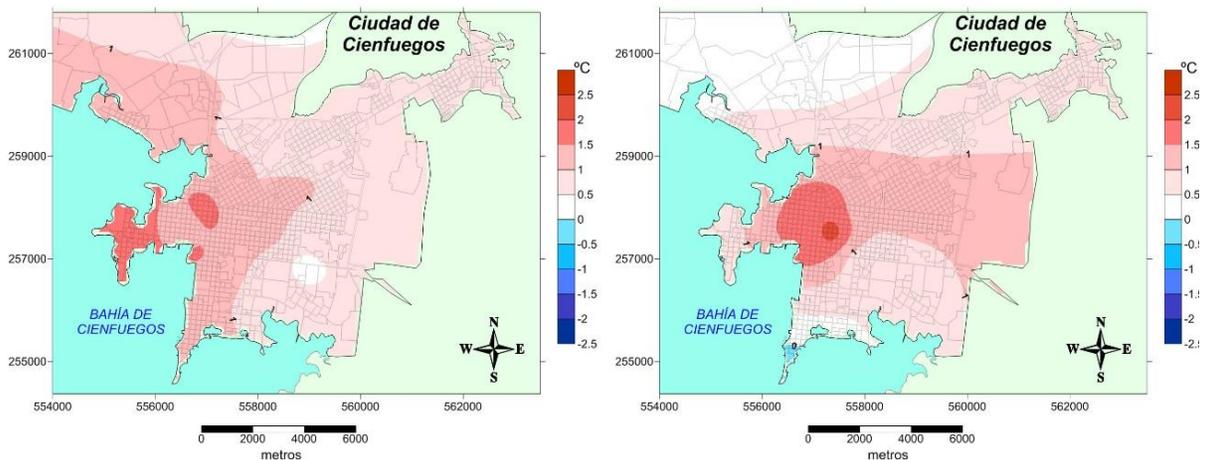
### *Características y dinámica de las variables del microclima urbano*

El análisis de las dos variables meteorológicas estudiadas (temperatura y humedad relativa) muestra las diferencias existentes entre la ciudad de Cienfuegos y las afueras de la misma demostrando la existencia de la Isla de Calor Urbana.

En el horario de la mañana las mayores diferencias de temperatura ( $> 1.5$  °C) se concentran hacia todo el litoral más urbanizado de la ciudad, coincidiendo con gran parte de los barrios de Reina (ZTF II), Casco Histórico (ZTF I) y Punta Gorda (ZTF III), ([Figura 4 Izquierda](#)). No obstante a ello existen puntos de la ZTF I que están algo alejados de la costa y que permanecen con diferencias de temperaturas superiores a 1.5 °C. Por su parte las menores diferencias se ubican hacia los barrios periféricos y más alejados de la costa y en ocasiones en aquellas zonas de la ciudad



**Figura 3.** Comportamiento de las principales variables meteorológicas en el Estación Meteorológica de Cienfuegos del 4 al 8 de julio del 2016.



donde predominan edificaciones altas (Junco Sur-ZTF IV).

La comparación de la ICU en los dos horarios estudiados muestra diferencias en sus

posiciones debido a la influencia marítima presente en la ciudad. En el horario de la tarde hay un desplazamiento e intensificación del núcleo principal de la isla de calor hacia el

centro de la ciudad (ZTF I) con un notable refrescamiento de las temperaturas en los barrios litorales debido a la influencia de la brisa marina que en el período que se analiza tuvo componentes predominantes de región Sudeste al Suroeste ([Figura 3](#)). Como se observa se mantienen las mayores diferencias en la zona del casco histórico (ZTF I) caracterizado por la escasez de vegetación, máxima concentración de población y del transporte debido a la presencia de la arteria principal de la ciudad (calle 37-Prado), ([Figura 4 Derecha](#)).

Como promedio la máxima diferencia entre el medio urbano y el medio rural en el período estudiado fue de 2.3 °C reportado en el horario del mediodía y ubicado, como ya se dijo en la ZTF I perteneciente a la zona más antigua y densamente poblada de la ciudad ([Figura 4 Derecha](#)).

La estructura de la distribución espacial de la humedad relativa indica una alta relación con el comportamiento de la temperatura presentándose las mayores diferencias en las zonas más cálidas de la ciudad, que en el horario de la mañana coinciden con las zonas más cercanas al litoral. Por el contrario en el horario del mediodía la humedad en estas zonas aumenta notablemente y disminuye hacia el centro más compacto de la ciudad que es donde se registran las mayores temperaturas ([Figura 5](#)).

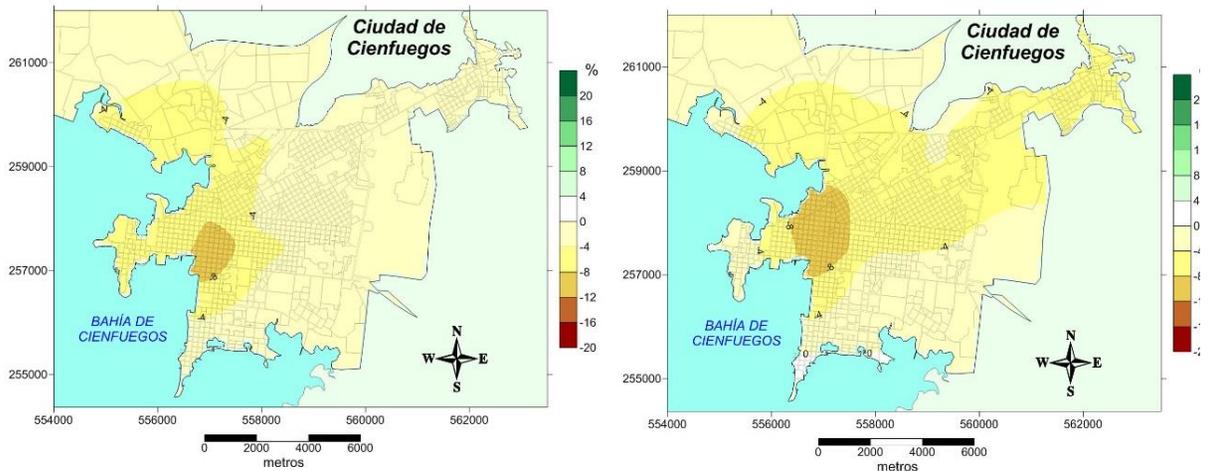
Es complejo hacer el análisis de los procesos advectivos que pueden afectar a la ciudad de Cienfuegos con tan sólo una semana de observaciones microclimáticas y en un solo período del año, pero resulta evidente que la estructura, forma y dinámica de la ICU está estrechamente relacionada con la ubicación geográfica de la ciudad en la costa este de la bahía de Cienfuegos, la dirección predominante de los vientos en los distintos horarios del día y la forma de la ciudad.

### *Relación entre la forma de la ciudad y el microclima urbano*

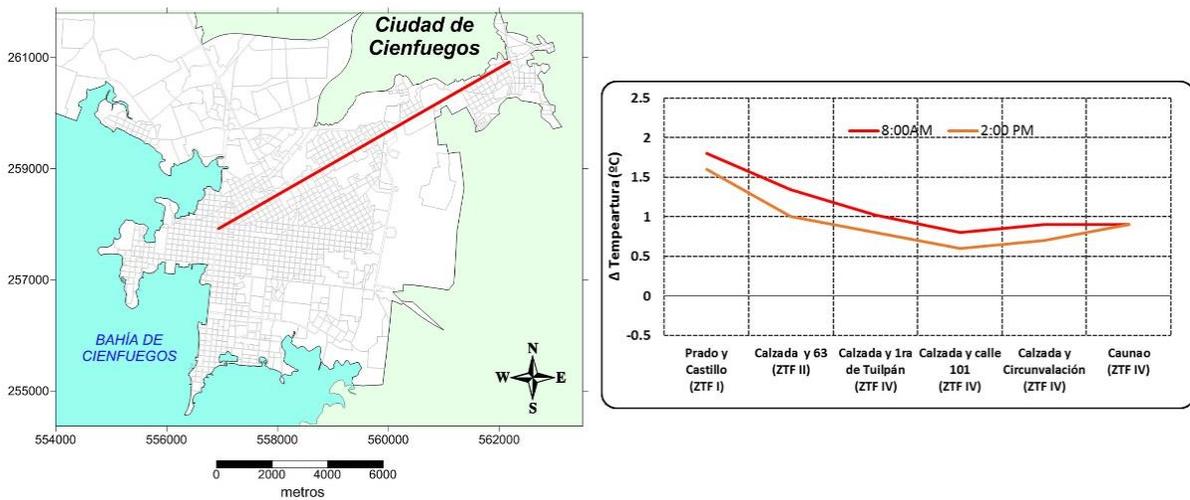
Las [figuras 6 y 7](#) y muestran el perfil térmico a través de dos de las vías más importantes de la ciudad de Cienfuegos, La Calzada de Dolores orientada de nordeste al suroeste y el Paseo del Prado (calle 37) con una orientación norte-sur. En el primer caso se observa cómo las diferencias de temperatura en los dos horarios estudiados van disminuyendo a medida que se aleja del centro y zona más compacta de la ciudad (ZTF I), alcanzando valores inferiores a 1 °C en la ZTF IV.

El perfil térmico que se dibuja por el Paseo del Prado (calle 37), arteria principal de la ciudad expresa de forma muy evidente la existencia de la Isla de Calor Urbana en Cienfuegos ([Figura 7](#)). En los dos horarios estudiados se observa un domo de altas temperaturas que coincide, como en el caso anterior, con la ZTF I y una disminución notable hacia los extremos, coincidente con las ZTF III hacia el sur y la ZTF V hacia el norte del perfil. Es válido destacar también cómo las diferencias son más notables en el horario de mayor calentamiento diurno, pues como ya se había explicado anteriormente en el mismo se intensifica el fenómeno en este período del año.

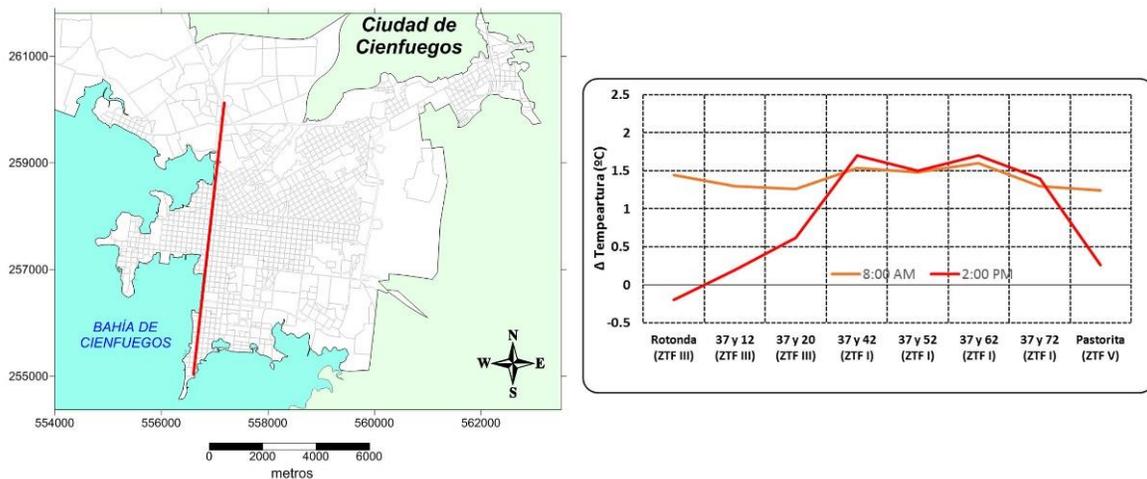
A manera de resumen la [tabla 1](#) muestra el promedio de las diferencias de temperatura y humedad relativa para cada ZTF en la cual se realizaron mediciones. Se observa que las mayores diferencias en los dos horarios se ubican hacia la ZTF I. Esta zona presenta características muy particulares porque además de que parte de la misma se encuentra cercana al litoral lo que hace que en el horario de la mañana mantenga altas temperaturas; otra parte algo más distante mantiene en los dos horarios estudiados grandes diferencias de temperaturas dado por sus características morfológicas y socioeconómicas (alta densidad poblacional y



**Figura 5.** Diferencias de la Humedad Relativa del aire en la ciudad de Cienfuegos a las 8:00 horas (Izquierda) y 14:00 horas (Derecha), Julio 2016



**Figura 6.** Perfil térmico a través de la Calzada de Dolores, ciudad de Cienfuegos, Julio 2016



**Figura 7.** Perfil térmico a través del Paseo del Prado (calle 37), ciudad de Cienfuegos, Julio 2016

**Tabla 1.** Diferencias medias de temperatura y humedad relativa por Zonas Tipológico Formales de la ciudad de Cienfuegos

ZTF	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)	
	8 AM	2 PM	8 AM	2 PM
I	1.4	1.7	-7	-9
II	1.0	1.0	-3	-4
III	1.2	0.3	-2	-1
IV	0.9	1.0	-1	-5
V	1.0	0.7	-4	-4

urbana, escasa vegetación y alta concentración del transporte).

La ZTF III que abarca los barrios de Punta Gorda, Playa Alegre y Reparto Eléctrico presenta los mayores contrastes térmicos entre los horarios de la mañana y la tarde. En la misma la influencia de la bahía tiene un papel fundamental en este comportamiento manteniéndose más cálida en el horario de la mañana y más fresca en la tarde debido al efecto refrescante de la brisa marina. A esta situación se le suma la influencia de la morfología de esta zona caracterizada por una menor densidad constructiva, con presencia de edificaciones dispersas con abundantes espacios verdes y alguna vegetación en el interior de las manzanas lo cual favorece el confort térmico en el horario de mayor calentamiento.

Las zonas de edificios multifamiliares aislados de 4 a 5 plantas y más que caracterizan la ZTF V en Cienfuegos presentan las mayores diferencias de temperatura en el horario de la mañana, las cuales disminuyen en el mediodía, situación influenciada por la proyección de sombra y disminución del asoleamiento propios de este tipo de morfología urbana. Además estas zonas de la ciudad se caracterizan, sobre todo en el horario de mayor calentamiento, por la creación de corredores de viento que intensifican la velocidad del mismo y contribuyen al refrescamiento de las temperaturas.

Las ZTF II y IV de la ciudad de Cienfuegos son las que presentan la mayor estabilidad térmica en el horario diurno. Como promedio presentan anomalías de temperatura con respecto a las afueras de la ciudad cercanas a 1 °C algo inferiores hacia la zona IV caracterizada por encontrarse más alejada del centro de la ciudad, por un aumento notable de la vegetación en el interior de las manzanas y disminución del transporte.

### Conclusiones

Los mapas de temperatura del aire mostraron la existencia de la isla de calor urbana en la ciudad en el período estival evidenciándose diferencias en la intensidad y ubicación de la misma en dependencia del horario del día:

- La isla de calor en la ciudad de Cienfuegos se intensifica en el horario del mediodía encontrándose los mayores contrastes térmicos y de humedad relativa hacia el centro y zona más compacta de la ciudad con valores que pueden llegar a ser superiores a los 2 °C en comparación con el entorno rural que la rodea. Por su parte los menores valores (< 0.5 °C) se observan en las zonas cercanas a la costa y en aquella más alejadas del centro.
- En el horario de la mañana los mayores contrastes térmicos (> 1.5 °C) se ubican

hacia las zonas más cercanas al mar como resultado del efecto termorregulador que ejerce la bahía de Cienfuegos sobre las mismas impidiendo que las temperaturas desciendan significativamente. En cambio las menores diferencias de temperatura con respecto al entorno se registran en las zonas de la ciudad más alejadas del centro.

Se pudo constatar la relación entre la forma de la ciudad y el microclima urbano lo cual resulta de gran utilidad en el diseño de soluciones apropiadas, capaces de mitigar las intensas sensaciones de calor sofocante predominantes en esta época del año.

### Referencias

- Alfonso, A. y Peña A. M. 2011. La ciudad compacta: Arquitectura y Microclima. Editorial Félix Varela, La Habana, 224p.
- Álvarez, A. 1994. Diagnóstico y Regulaciones del Ambiente Térmico en Espacios Urbanos y Exteriores en el Trópico – Húmedo. UCLV, Facultad de Construcciones, 106p.
- Álvarez, A. y Prado, M. 2005. Microclimas Térmicos Urbanos y Contaminación Acústica en la ciudad de Cienfuegos. CD Interactivo, Universidad Central de las Villas, 37p.
- Barcia, S. 2012. Nueva Guía Climática de la Provincia de Cienfuegos. Cuba. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. Instituto de Meteorología, 83p
- Castro, Y., Álvarez, A., Osés, R., Saura, G., Socarrás, J., Ruiz, N. y Ávila, M. 2007. Estudio del clima urbano de la ciudad de San Juan de los Remedios en interrelación con las labores de planeamiento y el diseño urbano. Memorias en soporte magnético del V Congreso Cubano de Meteorología, La Habana 2005. La Habana 4-8 Diciembre 2007. 12 p. ISBN: 978-959-7167-1
- Castro, Y., Fernández, E. y Álvarez, A. 2014. Morfología urbana en la ciudad de Sagua la Grande. Arquitectura y Urbanismo, vol. XXXV, no 3, 2014, ISSN 1815-5898. P 50-68.
- Castro, Y. 2015. Morfología urbana y microclima térmico para la rehabilitación urbana. Caso de estudio Sagua la Grande. Tesis en opción al Grado Científico Doctor en Ciencias Técnicas. 112p
- Castro *et al.* 2016. Monitoreo del microclima térmico urbano a partir de las zonas tipológico-formales en las ciudades de Santa Clara y Cienfuegos. Informe de Resultado, Proyecto Nacional: Microclima urbano en ciudades del centro de Cuba en interrelación con el planeamiento y el diseño urbano. Instituto de Meteorología. 31 p.
- Cuadrat, J. M., De la Riva, J., López, F., y Martí, A. 1993. Ciudad y Medio Ambiente: La isla de calor en Teruel. Geographicalia No. 30, p 113-123.
- Fernández, F. y Martilli, A. 2012. El clima urbano: aspectos generales y su aplicación en el área de Madrid. Tema de Portada, p 21-24.
- IPCC. 2013. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 27p.
- Lecha, L. B. 1989. Efectos de la tipología arquitectónica en el microclima urbano. Primer simposio nacional de física ambiental (La Habana), 13p.
- Lecha, L. B. 1993. Estudio bioclimático de la provincia de Cienfuegos. La Habana, Cuba: Academia, 131 p., ISBN: 978-959-02-0027-4.

- Moreno, M. C. 1993. Estudio del clima urbano de Barcelona: la «isla de calor». Editorial Oikos-tau. Barcelona, 193 pp.
- Nieves, M. E., Prilipko, G. 1988. Urbanismo y régimen térmico. Revista Arquitectura y Urbanismo, No. 3: 8. La Habana, 12 pp.
- Nieves, M. E. 2014. Particularidades de la influencia urbana sobre el régimen térmico durante el día en condiciones de clima tropical. Conferencia INSMET, La Habana, 25p.
- ONE. 2015. Anuario Estadístico de Cienfuegos 2015. Edición 2016. Oficina Nacional de Estadística e Información. Provincia Cienfuegos. 213p.
- ONU. 2014. La Situación Demográfica en el mundo. Naciones Unidas. New York 2014. 38 p.
- Ortiz, R. 1955. ¿Dónde hace calor en la Habana? El microclima de la ciudad. Diario de la Marina, Suplemento en retrogradado. La Habana.
- Paz, L. 1987. El complejo temperatura-humedad relativa del aire en las condiciones climatológicas de Cuba y sus aplicaciones. Tesis en opción al Grado de Doctor en Ciencias Geográficas. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Meteorología. La Habana, 142p.
- Planificación Física. 2015. Plan General de Ordenamiento Urbano de la Ciudad de Cienfuegos 2014 – 2025. Cienfuegos. 247p.
- Serra, J. A. 2008. Estudio de la isla de calor de la ciudad de Ibiza. Revista Investigaciones Geográficas. No. 44. ISSN: 0213-4691. Universidad de Alicante, pp. 55-73.