**II Taller Internacional “Hábitat y comunidades sostenibles”**

**Título:**

**Morfología urbana y microclima térmico para la rehabilitación de las ciudades del centro de Cuba.**

***Title:***

***Urban morphology and thermal microclimate for the rehabilitation of the cities of central Cuba.***

**Yamí Castro Conrado, Sinaí Barcia Sardiñas, Meylin Otero Martín, Lomberto Gómez Camacho, Julia Socarrás Padrón, Nancy Ruiz Cabrera.**

Yamí Castro Conrado, Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara (CMP.VC). Cuba.[*yami.castro@vcl.insmet.cu*](mailto:yami.castro@vcl.insmet.cu)

Sinaí Barcia Sardiñas, Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. Cuba.[*sinai@cfg.insmet.cu*](mailto:sinai@cfg.insmet.cu)

Meylin Otero Martín, CMP.VC. Cuba.[*meylin.otero@vcl.insmet.cu*](mailto:meylin.otero@vcl.insmet.cu)

Lomberto Gómez Camacho, CMP.VC. Cuba.[*lomberto.gomez@vcl.insmet.cu*](mailto:lomberto.gomez@vcl.insmet.cu)

Julia Socarrás Padrón, CMP.VC. Cuba.[*julia.socarras@vcl.insmet.cu*](mailto:julia.socarras@vcl.insmet.cu)

Nancy Ruiz Cabrera, CMP.VC. Cuba.[*nancy.ruiz@vcl.insmet.cu*](mailto:nancy.ruiz@vcl.insmet.cu)

**Resumen**

Las ciudades actúan como un importante factor modificador del clima regional y sus componentes influyen de diferente forma sobre las condiciones climáticas locales, llegando a generar lo que se conoce como microclima urbano. La investigación se centra en las ciudades existentes y en la rehabilitación urbana como una alternativa hacia modelos más sostenibles que implica el no crecimiento de esta, con la posibilidad de actuar en las zonas degradadas física y socialmente mejorando, como en este caso en específico, el comportamiento térmico de los espacios construidos.

Dentro de los principales resultados alcanzados debe mencionarse la organización del estudio en un procedimiento que responde a la necesidad de contribuir al perfeccionamiento de este tipo de investigación, mediante el análisis de diferentes variables y la inserción de métodos y herramientas extraídas de experiencias prácticas y teóricas e implementadas a nivel nacional e internacional, además de aplicar el procedimiento en las ciudades de: Sagua la Grande, Santa Clara y Cienfuegos.

Otro de los resultados radica en la verificación de la presencia de la Isla de calor urbana en las ciudades estudiadas dada por la influencia de los elementos urbanos que se presenta en las diferentes zonas que la conforman. Igualmente los valores más elevados de diferencia de temperatura se presentan en las zonas compactas y se identifican los elementos urbanos que caracterizan cada zona de la ciudad de forma tal que proporciona criterios para el mejoramiento de las condiciones climático-ambientales de los espacios exteriores a través del planeamiento y el diseño urbano.

Palabras claves: Morfología Urbana; Microclima Térmico; Rehabilitación Urbana.

***Abstract:***

*Cities act as an important modifying factor of the regional climate, and their components influence local climatic conditions in different ways, generating what is known as an urban microclimate. The research focuses on existing cities and alternative to more sustainable models that implies non-growth, with the possibility of acting in physically and socially degraded areas, improving, as in this specific case, the thermal behavior of built spaces.*

*Among the main results achieved should be mentioned the organization of the study in a procedure that responds to the need to contribute to the improvement of this type of research, through the analysis of different variables and the insertion of methods and tools extracted from practical and theoretical experiences and implemented nationally and internationally, in addition to applying the procedure in the cities of: Sagua la Grande, Santa Clara and Cienfuegos.*

*Another of the results lies in the verification of the presence of the urban heat island in the cities studied given by the influence of the urban elements that occurs in the different areas that comprise it. Likewise, highest values of temperature difference are presented in the compact areas and the urban elements that characterize each area of the city are identified in such a way that it provides criteria for the improvement of the climatic-environmental conditions of the outdoor spaces through the planning and urban design.*

***Keywords:****Urban Morphology, Thermal Microclimate, Urban Rehabilitation.*

**1. Introducción**

Las ciudades actúan como un importante factor modificador del clima regional y sus componentes influyen de diferente forma sobre las condiciones climáticas locales, llegando a generar lo que se conoce como microclima urbano. Por lo que se hace necesario considerar la física ambiental aplicada al urbanismo y la arquitectura desde el planeamiento y el diseño urbano, a partir de reconocer la influencia que ejercen sus partes componentes sobre el aumento de la temperatura urbana.

La relación que existe entre la arquitectura y el urbanismo con el clima y el acondicionamiento físico ambiental ha sido reconocida desde tiempos inmemorables a partir de las evidencias constatadas en documentos como tratados y ordenanzas, además del patrimonio heredado (Álvarez, 1994). En su larga evolución, la ciudad ha ido creciendo en extensión, densidad y complejidad, creándose variados tejidos caracterizados por diversas formas urbanas y que, según evidencias científicas, han originado diferencias climáticas dentro de la misma. Este hecho incide no solo en las condiciones del espacio exterior, sino también en la posibilidad de un confort ambiental con energías naturales en el interior de las edificaciones.

Esta situación se agrava con el modelo de ciudad actual, manifestado en sus tejidos urbanos, y con las nuevas condiciones económicas imperantes, que conllevan al crecimiento de los procesos de urbanización a partir de la migración de la población rural a las ciudades, siendo este uno de los problemas más preocupantes para los gobiernos de todos los países al verse obligados a dar respuesta a las necesidades de vida de la población (CASTRO. et al, 2017).

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.

Por su parte, la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el quinquenio 2015-2019 será el más cálido jamás registrado. La temperatura media mundial ha aumentado en 1,1 ºC desde la era preindustrial y en 0,2 ºC con respecto al período 2011-2015. Los efectos como el aumento del nivel del mar, el derretimiento de los hielos y la aparición de fenómenos meteorológicos extremos, se intensificaron durante este período. Igualmente, la concentración de gases de efecto invernadero ha aumentado también a niveles sin precedentes, confirmando una tendencia al calentamiento en el futuro([[1]](#footnote-2)).

Esto unido al efecto de “isla de calor urbana” (ICU) determina que se incremente la temperatura en los espacios de la ciudad con respecto al entorno rural e influenciado por los elementos urbanos que caracterizan las diferentes zonas de un asentamiento. Por ejemplo, la relación altura del edificio y configuración de las calles que difieren por su ancho, orientación y ubicación e inciden 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 de reducir la evaporación y aumentar la escorrentía superficial (CARRASCO, 2008).

El uso de los espacios urbanos está condicionado por las características climáticas y ambientales que se presentan y esto es, precisamente, lo que influye en el confort de los habitantes y su participación en dichos espacios. Además, en el aumento de riesgo de mortalidad y morbilidad con la presencia de algunas enfermedades relacionadas con las condiciones climáticas urbanas.

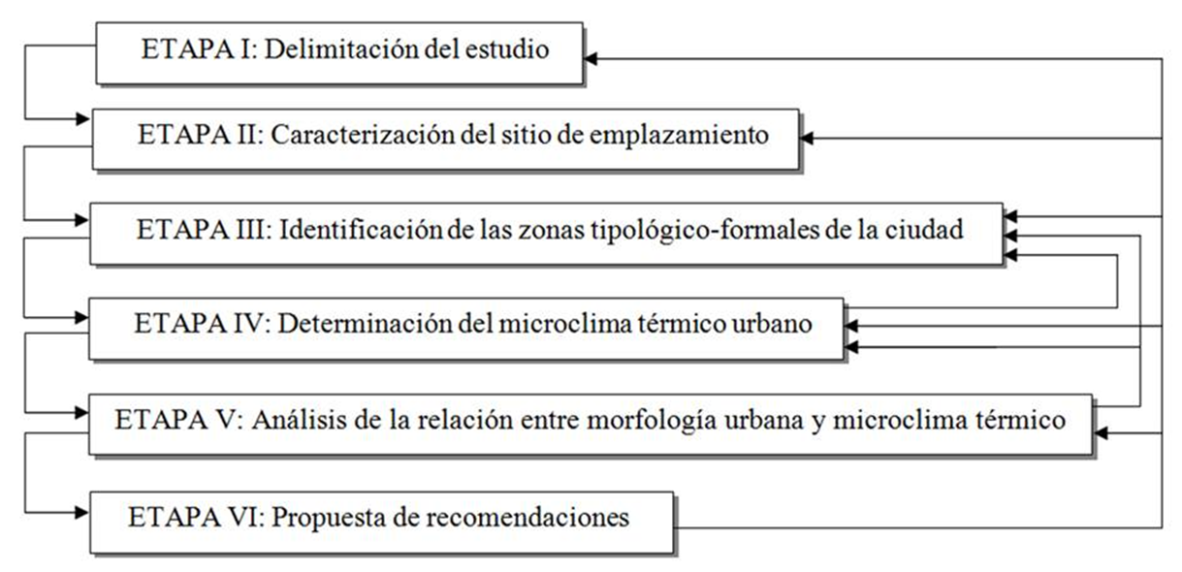
Igualmente, la falta de confort urbano influye hacia el interior de las edificaciones, afectando directamente el consumo de energía e incidiendo en un aumento en el gasto económico, a lo que se añade una mayor inversión en equipos de climatización, para la refrigeración en los climas cálidos (CORREA, 2005). Influye, también en la necesidad de aumentar la producción energética en las horas picos de consumo. Esto se traduce, además en un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, de los contaminantes como los dióxidos de sulfuros, monóxido de carbono, los NOx y de las partículas volátiles producidas por las plantas de generación.

Todo lo antes mencionado, fundamenta la afirmación que, al mejorar las condiciones climáticas urbanas, se incide positivamente en la calidad de vida de los ciudadanos y en la disminución del gasto energético por climatización (CASTRO, 2016).

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, el presente trabajo es el resultado de estudios realizados desde 2015 hasta la actualidad y se centra en el estudio de las ciudades existentes y en la rehabilitación urbana, como una alternativa hacia modelos más sostenibles que implica el crecimiento de la ciudad hacia dentro. Se plantea como objetivo**el estudio de ciudades desde el punto de vista climático a partir de la aplicación deun procedimiento que relaciona la forma urbana y el microclima térmico, de manera tal que permita establecer recomendaciones para el manejo de la forma urbana aplicable a la rehabilitación y que contribuyan al mejoramiento de la habitabilidad de los espacios exteriores a través del planeamiento y el diseño urbano**.El procedimiento se aplica en las ciudades de Sagua la Grande, Cienfuegos y Santa Clara de modo tal que hace factible la generalización del mismo a otros asentamientos del país.

**2. Metodología**

Se empleó el procedimiento propuesto por Castro, 2016 el cual consta de seis etapas (ver figura 1), cada una de las cuales con objetivos bien definidos. Se basa en los estudios de morfología urbana y del microclima térmico de la ciudad existente sobre la base del trabajo en equipos multidisciplinarios cuya meta es mejorar las condiciones climáticas ambientales de los espacios urbanos a través de la propuesta de recomendaciones para la forma urbana aplicable a la rehabilitación.

****

***Figura 1:*** *Procedimiento para el estudio de las ciudades a partir de la relación de la forma urbana y el microclima térmico*

De forma general el procedimiento responde al análisis de variables geográficas, meteorológicas y urbanas para el estudio de la ciudad en su totalidad y a continuación se explican cada una de las etapas:

**Características del sitio de emplazamiento**

En esta etapa, se procede a caracterizar la ciudad, medianteun sistema de variables, atributos e indicadores referidos al sitio de emplazamiento. En la caracterización se determinan las particularidades de la ciudad de forma analítica e incluye un proceso de recogida y procesamiento de datos e información, a partir del trabajo de campo,revisión de fuentes documentales y entrevistas a especialistas. Consiste, no solo en la descripción del objeto de estudio, sino tambiéndel análisis de los elementos investigados develando su significado e interrelaciones. La caracterización del sitio de emplazamiento se realiza teniendo en cuenta los factores geográficos, donde tendrá en cuenta el relieve, la ubicación geográfica, la presencia de agua y de vegetación; y los factores meteorológicos, donde relacionará el comportamiento de las variables climáticas locales.

**Identificación de las zonas tipológico-formales**

Para la identificación de las Zonas tipológico-formales (ZTF) se distinguen los elementos urbanos que la conforman en un proceso de síntesis de la información que se relaciona a diferentes niveles. Los elementos urbanos que se tienen en cuenta en el estudio son: forma y tamaño de las manzanas y lotes, forma de asociación de las edificaciones, volumetría, orientación de la retícula, sección entre fachadas, tipología constructiva, materiales del pavimento, vegetación y espacios abiertos. El método se aplica en toda la ciudad, por lo que resulta importante la recogida de la información, para su procesamiento y análisis.

La recogida de la información se realiza por manzana, en una tabla general que constituye el instrumento de trabajo y soporte ordenador de la información que genera el método. Los elementos que la caracterizan se definirán por predominio. La información puede obtenerse con el apoyo de entidades del municipio y la ciudad. Por medio de imágenes satelitales del programa Google Earth, el cual proporciona información planimétrica y espacial, así como por un levantamiento fotográfico que brinde información volumétrica. Toda la información se ha de verificar con visitas al área de estudio.

**Definición del microclima térmico urbano**

El monitoreo de las variables climáticas urbanas se realiza teniendo en cuenta una serie de pasos, que se exponen a continuación y que tienen como punto de partida las ZTF de la ciudad objeto de estudio.

* Criterios para la selección de la muestra y los puntos de medición: selección de los puntos de medición a partir de una malla de 500 por 500 y que adoptará la forma de la trama urbana. Se localizaron los puntos en las intersecciones de las calles.
* Realización de las observaciones a una altura de 1.5m y separados de las edificaciones.
* Estación meteorológica de referencia: se relacionan las mediciones obtenidas en la ciudad con las registradas en la estación meteorológica más cercana a la localidad.
* Procesamiento estadístico de los datos: se utiliza una estadística lineal que permite relacionar los valores obtenidos en la ciudad con los registrados en la estación meteorológica.
* Análisis y mapificación de los resultados: luego de obtenidas las diferencias de temperatura y humedad relativa se obtienen los mapas y se realiza el análisis del comportamiento espacial de las variables monitoreadas.

**Relación morfología urbana y microclima térmico**

Teniendo en cuenta las ZTF que predominan y el comportamiento del microclima térmico en la ciudad caso de estudio, se procede en esta etapa, a aplicar los indicadores de los elementos urbanos, para establecer la correlación de éstos con el microclima. El análisis que se realiza es a partir de la discretización de la variable, la cual ha sido utilizada en diversos campos de la ciencia para relacionar variables diferentes.

Las variables que se discretizan son: vegetación, materiales de construcción, materiales del pavimento, asociación entre las edificaciones, altura de las edificaciones, relación entre la altura de las edificaciones y la distancia entre fachadas y orientación de la retícula. En este caso, la variable dependiente es representada por la diferencia de temperatura y la variable independiente, es representada por los elementos urbanos. Esta última se convierte de variable cualitativa a cuantitativa discreta, para realizar el análisis estadístico. Se realiza, con el objetivo de ver la respuesta que la diferencia de temperatura tiene, ante la combinación de los elementos urbanos que conforman las zonas tipológico-formales, e identificar, cuáles de las zonas es la más desfavorable y los elementos urbanos que influyen negativamente, con posibilidades de transformación en cada ZTF.

El valor promedio obtenido permitirá llegar a conclusiones relacionadas con la correlación que entre la forma urbana y el microclima térmico se establece. Primero, se verificará si efectivamente o no, todos los elementos urbanos en su conjunto responden al comportamiento del microclima. En segundo lugar, se corroborará cuál de las zonas es la más desfavorable y la más favorable, dando un orden de prioridad entre ellas. En tercer lugar, se identifican los elementos urbanos que tienen mayor peso en la desfavorabilidad de cada una de las zonas, que brinden posibilidades de transformación y hacia donde se deben dirigir las recomendaciones, para su manejo mediante la rehabilitación.

**Recomendaciones para el manejo de la forma urbana aplicable a la rehabilitación**

En la actualidad, las condiciones del territorio y de las ciudades, derivadas de la crisis de los modelos urbanos desarrollados, obligan a replantear los objetivos prioritarios del planeamiento. Es necesario, por tanto, potenciar la rehabilitación urbana frente a los nuevos crecimientos, como medio para reducir la insostenibilidad de las ciudades. Sin embargo, al intervenir en una trama urbana consolidada, la aplicación de algunas de las soluciones, será posible si las condiciones existentes y la configuración urbana lo permiten. En caso de no ser posible, habrá que buscar soluciones alternativas o sistemas que corrijan las situaciones desfavorables.

Un aspecto a destacar son las zonas de la ciudad tradicional, tales como los Centros Históricos donde se presentan los Grados de protección I y II. En ellos, las recomendaciones para la forma urbana que esta investigación defiende, se someterían, en virtud del cumplimiento de las Leyes de Protección del Patrimonio Cultural. El uso de esta información, dependerá de la pericia y experiencia de los especialistas responsables de la aplicación de los documentos legislados, para este tipo de estructura existente.

Para el desarrollo de esta etapa del procedimiento, se tendrán en cuenta: el análisis de la relación entre los elementos urbanos y el microclima térmico, los elementos de la forma urbana que puedan modificarse, a través de recomendaciones para el manejo de la forma urbana, que posibiliten mejorar las condiciones climáticas de las zonas que resulten desfavorables. Los elementos urbanos declarados para esta etapa son: la vegetación, los materiales de las construcciones, los materiales del pavimento, la forma de asociación de las edificaciones, la altura de las edificaciones, la relación entre la altura de las edificaciones y la distancia entre fachadas.

**3. Resultados y discusión**

Caracterización del sitio de emplazamiento: En la tabla 1 se recogen a modo de resumen algunas características de las ciudades objeto de estudio. Puede apreciarse la ubicación de las ciudades en el territorio: una hacia el norte (Sagua la Grande), otra al centro e interior (Santa Clara) y la tercera en la costa Sur (Cienfuegos).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tabla 1: Características sitio de emplazamiento | | |
| Variables a caracterizar de las ciudades estudiadas | | |
| Sagua la Grande | Cienfuegos | Santa Clara |
| Ubicación | | |
| Norte-noroeste de VC, a 17 Km de la costa. | Costa Sur de Cienfuegos. | Centro de la provincia de Villa Clara. |
| Extensión | | |
| 21.88 Km2 | 44.00 Km2 | 43.27 Km2 |
| Población | | |
| 41 756 habitantes | 147 110 habitantes | 218 405 habitantes |
| Densidad poblacional | | |
| 53 hab / Ha | 75 hab / Ha | 50.47 hab / Ha |
| Aspectos que la caracterizan | | |
| Cercanía al mayor embalse de la provincia, atravesada por el mayor rio de la provincia. Cuenta con industrias de carácter nacional y una estación meteorológica. | Cabecera provincial, cuenta con industrias de carácter nacional y una estación meteorológica con información climática. | Cabecera provincial, cuenta con industrias y una estación meteorológica con información climática. Es atravesada por dos ríos. Representa paso obligado entre oriente y occidente. |
|  |  |  |

Morfología: La información se obtiene a partir de la documentación de la Dirección Municipal de Planificación Física de cada localidad, levantamiento fotográfico en visitas realizadas al lugar de estudio, base cartográfica revisada y corregida, según el mapa topográfico a escala 1:2000 e imágenes satelitales disponibles en el programa Google Earth. Con toda la información recopilada se elabora una base de datos en Excel y mediante el sistema de información geográfico (Mapinfo 10.5) se trabaja en la relación de los elementos urbanos y la obtención de los mapas.En la tabla 2 se resumen las características de las ZTF que se presentan en cada ciudad.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tabla 2: Características de cada ZTF | | | |
| ZTF | Sagua la Grande | Cienfuegos | Santa Clara |
| I | Edificios Multifamiliares aislados. 4-5 niveles de piso. Tipología constructiva I. Sección de fachada calle-acera-jardín-fachada. | Pared medianera y pasillo lateral. Dos niveles de piso con altura de 12m. Sección entre fachadas calle-acera-fachada. Vegetación en parques y microparques. | Pared medianera y pasillo lateral. Un nivel de piso con altura de 5 a 6m. Sección entre fachadas calle-acera-fachada. Vegetación en parques, microparques e interior de manzanas. |
| II | Grandes Instalaciones. Varios niveles de pisos. Sección entre fachadas calle-jardín-fachada. Escasa vegetación. | Pared medianera y pasillo lateral. Un nivel de piso con altura hasta 6m. Sección entre fachadas calle-acera-fachada. Vegetación en parques, microparques e interior de manzanas. | Pared medianera, pasillo lateral y patio trasero. Un nivel de piso con altura hasta 4m. Sección entre fachadas calle-acera-fachada. Vegetación en interior de manzanas. |
| III | Pared medianera y pasillo lateral. Dos niveles de piso con altura de 12m. Sección entre fachadas calle-acera-fachada. Vegetación en parques y microparques. | Pasillo perimetral y patio jardín lateral. Un nivel de piso. Sección entre fachadas calle-jardín-portal privado. Alto estándar constructivo. Abundante vegetación en interior de manzanas. | Pasillo perimetral y patio trasero. Un nivel de piso. Sección entre fachadas calle-jardín-medio portal. Abundante vegetación en interior de manzanas. |
| IV | Pared medianera y pasillo lateral. Un nivel de piso con altura de 5 a 6m. Sección entre fachadas calle-acera-fachada. Vegetación en parques, microparques e interior de manzanas. | Pared medianera, Pasillo lateral y patio trasero. Un nivel de piso. Sección entre fachadas calle-jardín-portal. Abundante vegetación en interior de manzanas. | Pasillo perimetral y patio jardín lateral. Un nivel de piso. Sección entre fachadas calle-jardín-portal privado. Alto estándar constructivo. Abundante vegetación en interior de manzanas. |
| V | Pasillo perimetral y patio jardín lateral. Un nivel de piso. Sección entre fachadas calle-jardín-portal privado. Abundante vegetación en interior de manzanas. | Edificios Multifamiliares aislados. 4-5 niveles de piso. Tipología constructiva I. Sección de fachada calle-acera-jardín-fachada. | Edificios Multifamiliares aislados. 4-5 niveles de piso. Tipología constructiva I. Sección de fachada calle-acera-jardín-fachada. |
| VI | Pasillo perimetral y patio trasero. Un nivel de piso. Sección entre fachadas calle-jardín-medio portal. Abundante vegetación en interior de manzanas. | Grandes Instalaciones. Varios niveles de pisos. Sección entre fachadas calle-jardín-fachada. Escasa vegetación. | Grandes Instalaciones. Varios niveles de pisos. Sección entre fachadas calle-jardín-fachada. Escasa vegetación. |
| Imagen31 | |  | ztccd |

Microclima térmico urbano: En el estudio del microclima térmico urbano se realiza el monitoreo durante el día y en los horarios más cálidos. Los meses seleccionados son: un mes representativo de los procesos invernales y otro representativo de los procesos del verano. La toma del dato se realiza a través de un recorrido previamente establecido. El instrumental utilizado para tomar el dato de temperatura seca y húmeda fue el psicrómetro Assman. En la tabla 3 se presentan los mapas térmicos de cada ciudad.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tabla 3: Valores promedios de diferencia de temperatura. | | |
| Sagua la Grande | Cienfuegos | Santa Clara |
| Mes de verano | | |
| D:\Doctorado\Doctorado2014\Imágenes\MapasMicroclimaUrbano\PromJulFeb\promjulam.jpg |  | julioamtemp |
| Mes invernal | | |
| D:\Doctorado\Doctorado2014\Imágenes\MapasMicroclimaUrbano\PromJulFeb\promfebam.jpg |  |  |

Relación Morfología y clima: Como conclusiones del análisis se constató que, aunque el microclima térmico se comporta de acuerdo a las condiciones meteorológicas imperantes existen puntos en la ciudad que son constantes en cuanto a los valores de diferencia de temperatura por encima de 1ºC, esto indica la influencia que la forma urbana ejerce en las condiciones climáticas de los espacios urbanos. En la tabla 4 se presentan los valores promedios de diferencias de temperatura en cada ciudad.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tabla 4: Valores promedio de diferencia de temperatura por ZTF | | | |
| ZTF | Sagua la Grande | Cienfuegos | Santa Clara |
| I | 1.5 | 1.4 | 2.5 |
| II | 1.6 | 1.2 | 2.1 |
| III | 1.5 | 1.1 | 2.0 |
| IV | 2.2 | 0.9 | 1.6 |
| V | 0.8 | 1.0 | 1.6 |
| VI | 1.3 | - | 1.4 |

También se identifican cuáles son los elementos urbanos que tienen mayor peso en la condición climática de cada ZTF. En este caso **los elementos urbanos que brindan posibilidades de transformación y hacia donde se deben dirigir las recomendaciones para el manejo de la forma urbana son**: los materiales del pavimento, la vegetación, la altura de las edificaciones y su relación con la distancia entre fachadas.

Se pudo constatar la magnitud de la influencia que los elementos urbanos tienen sobre las diferentes zonas en la ciudad, de forma tal que proporcione criterios de prioridad para la toma de decisión en el mejoramiento de las condiciones climático-ambientales de los espacios exteriores. Por lo que se proponen un conjunto de recomendaciones a partir de la influencia que los elementos urbanos ejercen: para incidir positivamente en el microclima térmico se recomienda la vegetación y el crecimiento en altura, al igual que el uso de materiales con baja absorción térmica, lo contrario en este elemento influye de forma negativa al igual que las orientaciones desfavorables de la retícula y los valores próximos a 0 de la relación entre la altura de las edificaciones y la distancia entre fachadas.

Recomendaciones para la vegetación.

* Mantener e incrementar el arbolado en las vías principales de salida de la ciudad y que presentan parterre, teniendo en cuenta sus características a partir de su utilidad como control térmico, de ruido y mejorar la calidad del aire. Crear zonas de arbolado, en la medida de lo posible, en calles o intersecciones que propicien mejores condiciones térmicas.
* Mantener e incrementar el arbolado en los espacios públicos de la ciudad. Así como mantener e incrementar el arbolado en los espacios comunes presente en las zonas de edificios multifamiliares.

Recomendaciones para la altura de las edificaciones.

* Se debe crecer en altura de forma planificada ya que este elemento mejora la relación A/DF influyendo positivamente en la reducción de la temperatura por consecuencia del sombreado que al reducir la exposición al sol reduce el calor absorbido y emitido (deben de tenerse en cuenta las orientaciones y crecer en altura las edificaciones con fachada orientas al N, NE, NO, ENE).
* Se recomienda elegir colores claros en las fachadas ya que este elemento es otro aspecto que interviene en el mecanismo de intercambio energético entre las edificaciones y el exterior. Los colores claros en la fachada de un edificio facilitan la reflexión de la luz natural y, por lo tanto, ayudan a repeler el calor de la insolación; contrariamente los colores oscuros facilitan la captación solar.

Recomendaciones para mejorar la sección de calle.

* En las zonas de la ciudad que debido a su morfología y grado de conservación no es posible crecer en altura o acondicionar el arbolado en algunas calles pudieran incorporarse elementos de protección pasiva en las fachadas para evitar el excesivo calentamiento de aquellas con mayor incidencia de radiación solar en verano. Es por ello que deben proyectarse elementos como toldos, para controlar esta radiación
* En aquellas calles que lo permitan las regulaciones se propone rediseñar la sección entre fachadas con la ampliación de las aceras, la introducción de elementos de control solar como el arbolado y la disminución del ancho de la calle. Esto permite crear un espacio de intercambio y, al mismo tiempo, protege las superficies más afectadas por la incidencia directa del sol.

**4. Conclusiones**

Esta investigación ha permitido develar la forma de la ciudad a partir de criterios climáticos y reconocer el clima urbano a partir de la morfología urbana. El procedimiento que se propone se implementa en seis etapas de análisis bien definidas y con objetivos específicos. Una de las etapas claves dentro del proceder es la identificación de las zonas tipológico-formales y el estudio del microclima térmico. Ambos se relacionan a partir de indicadores que permiten identificar las zonas más cálidas y los elementos urbanos que pueden modificarse para mejorar las condiciones climáticas. A partir de lo cual se proponen recomendaciones para el manejo de la forma urbana a través del planeamiento y el diseño urbano.

Referente a las ciudades estudiadas se demuestra la influencia de la forma urbana en la presencia de la ICU. Esto se percibe en los valores de diferencia de temperatura más elevados que coinciden, en los tres casos de estudio, en la zona más compacta.

**5. Referencias bibliográficas**

ALFONSO, A. DE LA PEÑA, A. M. 2011. La ciudad compacta. Arquitectura y microclima. Editorial Félix Varela. ISBN 978-959-07-1415-3., La Habana.

ÁLVAREZ, A. 1994. Diagnóstico y Regulaciones del Ambiente Térmico en Espacios Urbanos y Exteriores en el Trópico – Húmedo., Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Facultad de Construcciones, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. 106p.

CARRASCO, C. 2008. Morfología y microclima urbano. Análisis de la forma espacial y materiales como modeladores del microclima de tejidos urbanos mediterráneos costeros. El caso de la ciudad de Valparaíso. Tesis en opción al Grado de Doctor en Ciencias., Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de construcciones arquitectónicas.<http://upcommons.upc.edu/handle/10803/51572>

Castro, y. 2016. Morfología urbana y microclima térmico para la rehabilitación urbana. Caso de estudio Sagua la Grande. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Facultad de Construcciones. Santa Clara, 87p.

CASTRO. Y y COLECTIVO DE AUTORES, 2017. Informe Proyecto Nacional (2015-2017) “Microclima Urbano en Ciudades del centro de Cuba en interrelación con el Planeamiento y el Diseño Urbano” Programa Meteorología y desarrollo sostenible del país. INSMET. Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara.

CHICAS, J. C. 2012. Morfología urbana y clima urbano. Estudio de microclimas urbanos en Santiago de Chile, mediante la aplicación del concepto de cañón urbano e índices de confort térmico. Tesis en opción al Título Académico de Máster., Facultad de Arquitectura, diseño y estudios urbanos. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile.

CORREA, E. DE ROSA, C. LESINO, G. 2005. Isla de calor urbano. Monitoreo y análisis del impacto de la configuración de los espacios sobre la temperatura del aire en la ciudad de Mendoza. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 9. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.

ONU. 2014. La Situación Demográfica en el mundo. Naciones Unidas. New York 2014. 38 p.

1. <http://www.cubadebate.cu/noticias/2019/10/08/el-cambio-climatico-se-ha-acelerado-entre-2015-y-2019/#.XdQGTNW23IU> [↑](#footnote-ref-2)