

# CAMBIO CLIMÁTICO Y ESPACIOS URBANOS

Felipe FERNÁNDEZ GARCÍA

Grupo GEOCLIMA. Universidad Autónoma de Madrid.

[felipe.fernandez@uam.es](mailto:felipe.fernandez@uam.es)

## INTRODUCCIÓN

La ciudad constituye la forma más radical de transformación del paisaje natural y su aparición da lugar a un espacio eminentemente antropizado en el que 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 *clima urbano* característico, cuyo rasgo más destacable es el aumento de las temperaturas en la ciudad en relación a las áreas vecinas más frías.

La isla de calor *isla de calor urbana o UHI (Urban Heat Island)* es el concepto que mejor define el clima urbano y en cualquier ciudad se pueden distinguir dos tipos: la primera, denominada *isla de calor atmosférica*, representa las diferencias en la temperatura del aire entre las zonas urbanas y las rurales; la segunda, denominada *isla de calor superficial*, indica la diferencia entre la temperatura registrada en los materiales urbanos (pavimento, aceras, tejados de los edificios etc) y el aire situado encima de ellos<sup>1</sup>. La extensión e intensidad de la isla de calor varían en función de las situaciones meteorológicas, la densidad de edificaciones y la existencia de espacios verdes y zonas arboladas; por su parte, los impactos negativos de este aumento térmico se manifiestan especialmente en verano, cuando la isla de calor agudiza el estrés térmico y puede provocar un incremento de la mortalidad, como ya sucedió durante la ola de calor de agosto de 2003, en gran parte de los países de Europa. En ciudades como Madrid, la mortalidad fue un 40% superior a la

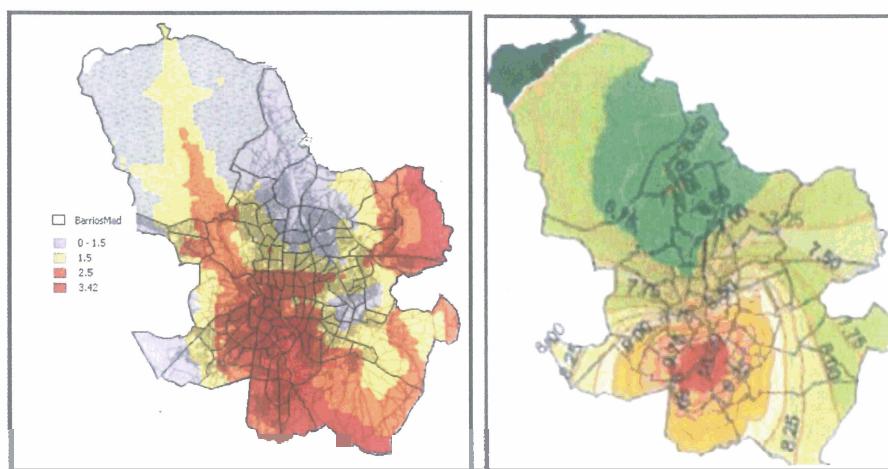


Figura 1. Intensidad de la isla de calor (izquierda) y distribución espacial de la mortalidad (derecha), durante la de calor de 2003, en Madrid. Fuente: Felipe Fernández (isla de calor). García y Alberdi (mortalidad).

<sup>1</sup>. VOOGT, J.A. and T.R. OKE (2003). Thermal remote sensing of urban areas. *Remote sensing of Environment* 86: 370–384.

registrada en fechas similares y la mayor parte de estas muertes se localizó en aquellas zonas donde la intensidad de la isla de calor es máxima (figura 1).

Las olas de calor constituirán uno de los principales riesgos asociados al calentamiento global, siendo el ámbito mediterráneo uno de los más afectados por dicho calentamiento. Los diferentes modelos de simulación estiman para esta zona un aumento generalizado de las temperaturas, más acusado en verano, una ligera reducción de la velocidad del viento, moderado incremento de la radiación solar y descenso de la humedad relativa<sup>2</sup>, factores todos ellos que contribuyen al aumento del estrés térmico.

## LOS NUEVOS RETOS DE LA CLIMATOLOGÍA URBANA

Los primeros estudios del clima urbano se centraron en la génesis y caracterización de la isla de calor, pero desde la segunda mitad del siglo pasado se han desarrollado otro tipo de estudios tendentes a evaluar sus impactos sobre la salud y el confort de los habitantes de las ciudades, así como en las estrategias para disminuir tales impactos. Así mismo, durante mucho tiempo el interés del clima urbano se limitó a las transformaciones provocadas por la ciudad a escala local, sin embargo en la actualidad, la magnitud del proceso de urbanización ha convertido a las ciudades en piezas claves para las medidas de adaptación y mitigación frente al calentamiento global: la población urbana representa más del 50% de la total en el año 2000 y las proyecciones futuras indican que este fenómeno continuará a lo largo de este siglo, de tal modo que en 2050 el 70% de la población vivirá en ciudades de más de 10 millones de habitantes; además, aunque el área ocupada por las ciudades, apenas representa el 2% de la superficie del planeta, consumen más del 75% de los recursos naturales y de ellas proceden más del 80% de las emisiones de gases a la atmósfera. La magnitud del proceso de urbanización ha convertido a las ciudades en auténticos laboratorios de experimentación de los efectos derivados de la acción del hombre sobre el medio natural, de sus impactos sobre la sociedad y de las medidas de adaptación y mitigación necesarias para combatirlos.

Las causas de este cambio podemos resumirlas en tres: la primera, los avances en el conocimiento de los mecanismos y procesos que intervienen en la formación del clima urbano; la segunda, la introducción de nuevas técnicas de análisis como la teledetección y los SIG; la tercera, el aumento de las redes de información meteorológica en el interior de las ciudades. A todo ello podemos añadir el marco general de la climatología actual, preocupada por el calentamiento global y las medidas de prevención y mitigación: las ciudades son las áreas de máximo riesgo ante los eventos climáticos extremos y, también, los principales focos de emisión de CO<sub>2</sub>, en parte derivados del elevado consumo energético utilizado para amortiguar el efecto de calor urbano.

La climatología urbana actual tiene como objetivos prioritarios la prevención de situaciones de riesgo asociadas al estrés térmico y la caracterización de las estructuras y materiales urbanos que mejor respondan a la amortiguación de la isla de calor. En este contexto, dos son las actuaciones más importantes que se están llevando a cabo:

<sup>2</sup> RASILLA ÁLVAREZ, D. y FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2005): Trends on extreme temperature days over the Iberian peninsula. 17<sup>th</sup> International Congress of Biometeorology. ICB 2005. September 05-09, 2005. Gamisch-Partenkirchen (Germany). SÁNCHEZ, E. et al., (2004): "Future climate extreme events in the Mediterranean simulated by a regional climate model: a first approach". Global and Planetary Change, 44 (1-4), pp. 163-180.

- 1<sup>a</sup>.- La cuantificación de las sensaciones térmicas y el establecimiento de escalas, que permitan determinar las respuestas de la persona ante unas condiciones climáticas específicas. Diversos grupos están desarrollando modelos biofísicos capaces de sintetizar el intercambio de calor entre el ser humano y las complejas condiciones ambientales de los entornos urbanos<sup>3</sup>, así como en la elaboración de nuevos índices de confort, como el denominado UTCI o *Universal Thermal Climate Index*<sup>4</sup>.
- 2<sup>a</sup>.- El desarrollo de modelos estadísticos para el análisis del clima urbano, incorporando la teledetección y la tecnología SIG, ha sido emprendido por otros grupos de investigación. Entre ellos destacan los realizados en la ciudad sueca de Goteborg por el Urban Climatology group<sup>5</sup>; el proyecto CLIMLIS, en Lisboa<sup>6</sup>, o el proyecto FUSE, de la Universidad de Portland<sup>7</sup>.

Organismos internacionales como la Unión Europea han puesto en marcha programas como el EURO HEAT, cuyo objetivo es la mejora de las medidas de sanidad pública en caso de condiciones meteorológicas extremas y olas de calor; PHEWE, para la prevención de efectos agudos para la salud de las condiciones meteorológicas en Europa y el CASHh con objeto de estudiar el cambio climático y estrategias de adaptación para la salud humana en Europa. La Agencia Espacial Europea (ESA), por su parte, financió la campaña DESIREX, desarrollada en Madrid durante el verano de 2008, como avance del proyecto “Urban heat island and urban thermography”, que se desarrollará en 10 ciudades europeas durante los próximos años<sup>8</sup>.

## LOS ESTUDIOS DE CLIMA URBANO EN ESPAÑA

En España se han publicado estudios sobre las islas de calor de diversas ciudades, como Madrid, Barcelona, Zaragoza, Granada, Salamanca y Santiago de Compostela, por citar los más relevantes<sup>9</sup>.

<sup>3</sup> FIALA, D.; LOMAS, K.J. and STOHRER, M (2001): «Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions», en International Journal of Biometeorology, 45, pp. 14-159.

<sup>4</sup> JENDRITZKY, G ; MAARQUE, A.; FIALA, D. and STAIGER, H. (2002): «An Update on the Development of a Universal Thermal Climate Index», en 15th Conf. Biomet. Aerobiol. and 16th ICB02, 27 Oct – 1 Nov 2002, Kansas City, AMS, 129-133

<sup>5</sup> SVENSON, M.; ELIASSON, I.; Holmer, B. (2002): "A GIS based empirical model to simulate air temperature variations in the Goteborg urban area during the night". *Climate Research*, 22(3), 215-226.

<sup>6</sup> ALCOFORADO, M.J.; ANDRADE, H. (2007): "Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modelling attempts". *Theoretical and Applied Climatology*, 84, 1-3:151-160.

<sup>7</sup> HART M. y SAILOR, D.J. (2008): "Quantifying the influence of land-use and surface characteristics on spatial variability in the urban heat island", en prensa, *J. Theor. Appl. Clim.*

<sup>8</sup> SOBRINO et al. (2009): "DESIREX 2008: Estudio de la isla de calor en la Ciudad de Madrid", Revista de Teledetección. 31: 80-92

<sup>9</sup> Bibliografía más detallada en: FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; GALÁN GALLEGOS, E.; CAÑADA TORRECILLA, R. (1998): Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas. Madrid, Parteluz. LÓPEZ GÓMEZ, A. .et al. (1993): El clima de las ciudades *españolas*, Madrid, Cátedra. MORENO, M. C (2007): "Climatología Urbana", en La Climatología española. Pasado, presente y futuro (Ed. CUADRAT, J.M. y MARTÍN VIDE, J.). Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

En Madrid los estudios sobre el clima urbano se iniciaron en 1984<sup>10</sup> y desde entonces, son numerosas las publicaciones que se han realizado sobre el tema. Entre los resultados más importantes destacan la caracterización de la intensidad, frecuencia y evolución a lo largo del año, de la isla de calor; la diferenciación espacial en función de factores geográficos como el relieve y la influencia de las situaciones meteorológicas. Así mismo, se han aplicado diversos índices de confort y se ha estudiado la influencia de los parques y espacios ajardinados sobre el estrés térmico.

Actualmente el grupo GEOCLIMA de la Universidad Autónoma de Madrid está desarrollando el proyecto *Clima urbano y confort térmico durante episodios de calor extremo en el área metropolitana de Madrid*, en el marco del Plan Nacional de I+D+i (Rf:CGL2009-10057)

El proyecto trata de cuantificar la incidencia de la urbanización en la intensificación del calor durante los períodos extremadamente cálidos, mediante el uso de un Índice de calor acumulado; establecer la influencia de los diferentes usos y estructuras urbanas, como la densidad de edificaciones y espacios verdes y definir los umbrales de estrés térmico, mediante el empleo de índices bioclimáticos complejos, como la PET (*Physiological equivalent temperature*).

Los resultados esperados se concretarán en la caracterización del régimen bioclimático regional y el resultado de la urbanización; la diferenciación de zonas bioclimáticas dentro de la ciudad y su relación con los usos del suelo y estructuras urbanas y en la creación de un sistema de información climático-ambiental, con variables climáticas y geográficas integradas en un SIG, que pueda ser utilizado como herramienta de planificación urbana y prevención de olas de calor en el área de Madrid.

Como avance de los estudios en curso, presentamos algunos de los resultados obtenidos:

El primero (figura 2) es la modelización de la isla de calor superficial y del aire en el área metropolitana de Madrid, a partir de la combinación de los datos térmicos obtenidos por el INTA dentro del proyecto DESIREX, en junio de 2008 y los usos de suelo procedentes del CORINE Land Cover, 2006 y del proyecto AUDIT, realizado por el área de urbanismo del Ayuntamiento de Madrid (2008). Se presentan, así mismo, los valores térmicos de los principales usos y estructuras urbanas de la zona.

El segundo es la caracterización del régimen de confort medio en el área metropolitana y en la ciudad de Madrid y los principales regímenes de confort dentro de la ciudad en relación a la densidad de edificaciones y la presencia de espacios verdes (figura 3)

El tercero, es la distribución espacial de los días extremadamente cálidos en la ciudad de Madrid, obtenidos a partir de la correlación entre densidad de edificaciones y espacios verdes con los valores máximos estivales de la temperatura fisiológica (figura 4)

Por último (figura 5), presentamos los máximos diarios de la temperatura fisiológica, registrados durante los meses de julio y agosto de 2003 en tres observatorios significativos: el de Barajas, como representativo del clima regional, con escasa influencia urbana; el del Retiro,

<sup>10</sup> LÓPEZ GÓMEZ, A. y FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1984): "La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano". Revista de Estudios Geográficos, n. 174, pp. 5 a 34

## CAMBIO CLIMÁTICO Y ESPACIOS URBANOS

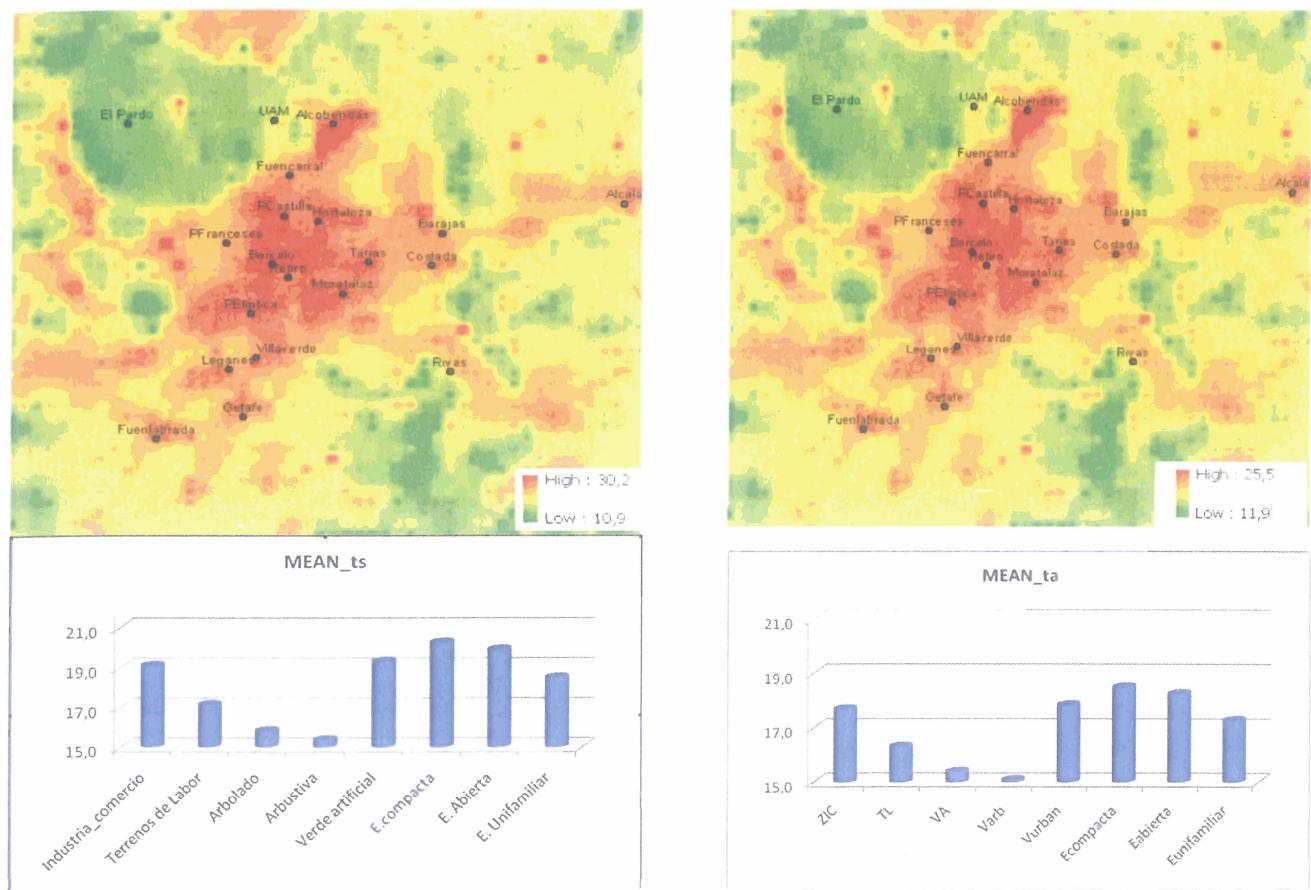


Figura 2. Temperatura del suelo (izquierda) y del aire (derecha) en el área metropolitana de Madrid (julio 04 AM).

como ejemplo de la influencia de los parques urbanos; y los valores medios de las red de estaciones meteorológicas del ayuntamiento de Madrid, con una clara influencia urbana.

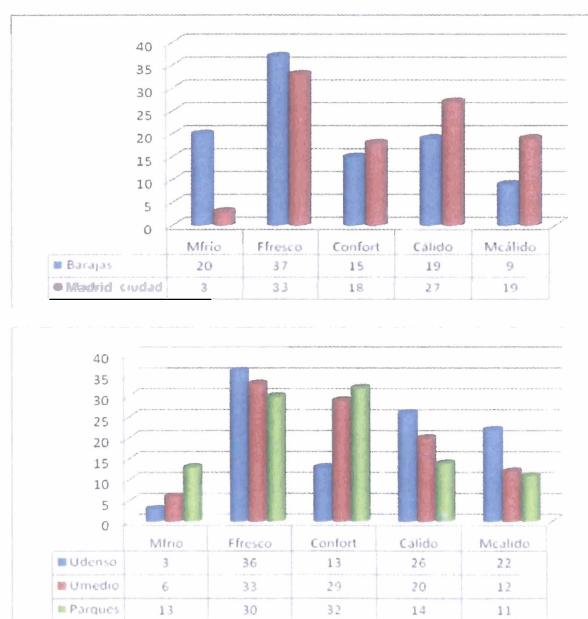


Figura. 3. Frecuencia anual de las diferentes sensaciones térmicas en las zonas urbanas y no urbanas (arriba) y dentro de la ciudad, según densidades de edificación (abajo).

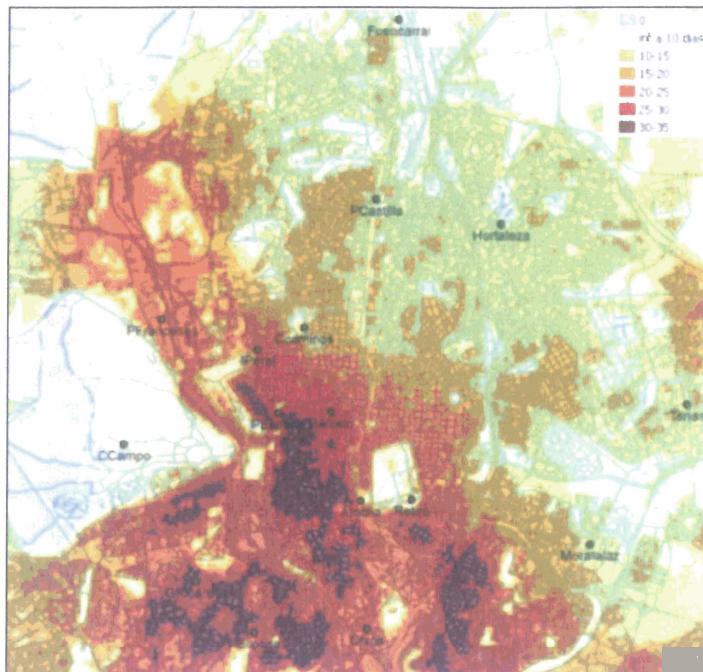


Figura 4. Distribución espacial de los días extremadamente cálidos en Madrid (2002-2004)

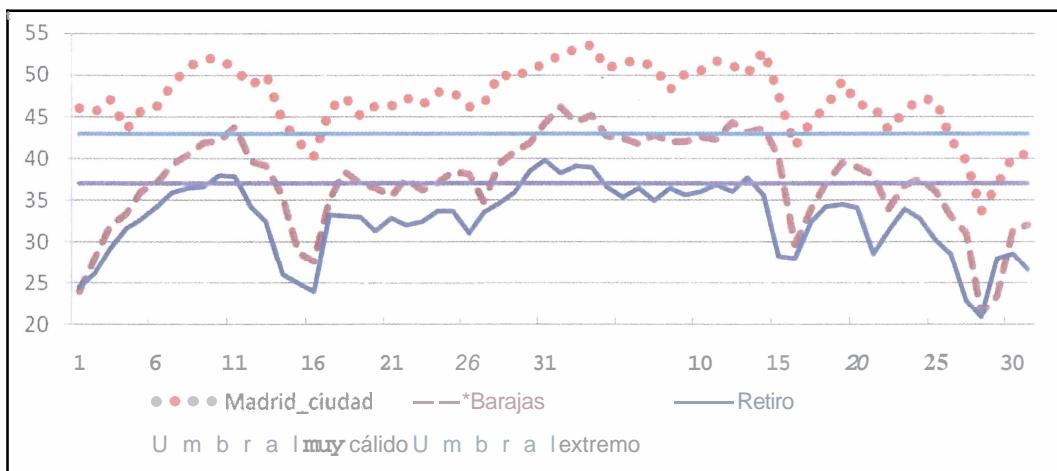


Figura 5. Máximas diarias de la temperatura fisiológica y umbrales de las sensaciones térmicas extremas durante la ola de calor de julio y agosto de 2003.