

## DESMONTANDO TÓPICOS: APROXIMACIÓN AL DIFERENTE COMPORTAMIENTO TÉRMICO ENTRE LA CIUDAD DE MURCIA Y SUS ALREDEDORES

Elisa M<sup>a</sup> Hernández García, Luis M<sup>a</sup> Bañón Peregrín, Fernando Belda Esplugues  
*Delegación Territorial de AEMET en la Región de Murcia*

### **1. Introducción: Atención pregunta...**

¿Dónde se sufren más los rigores del verano murciano, en céntricas calles de la capital o en sus alrededores semi-rurales?

O, dicho de otra forma:

¿Cuán representativas son las temperaturas medidas en la estación semi-rural de Murcia/Guadalupe, de aquellas que se perciben en la ciudad de Murcia, donde vive el 30% de la población regional?

Estas fueron algunas de las preguntas planteadas por los responsables regionales de Sanidad, a los representantes de la DT en la Región de Murcia, en la reunión constitutiva (junio de 2004) de la «Comisión Regional para la Prevención y seguimiento de los Efectos de la Ola de Calor en la Región de Murcia». Esta Comisión sigue formando parte del «Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud», impulsado por el Gobierno de España tras los devastadores efectos de las elevadas temperaturas que se dieron en Europa, durante el verano del 2003.

### **2. Efectos del Verano 2003: El Plan de Actuaciones Preventivas**

El Plan, contempla diferentes medidas de actuación en función del número de días, dentro de los cinco siguientes, que se prevé que las temperaturas extremas superen ciertos umbrales. Estas predicciones, que son suministradas por AEMET, se refieren, en el caso de la Región de Murcia, solo a la estación de Murcia/Guadalupe, y las actuaciones del Plan se extienden a toda la Región.

Los umbrales elegidos para Murcia, fueron los percentiles 95 de las series de temperaturas extremas diarias de los meses de verano de la estación de Murcia/Guadalupe. Estos valores son coincidentes con las temperaturas umbrales a partir de la cual la mortalidad se dispara debido a un aumento de la actividad del sistema termorregulador y el malestar térmico.

Tras las preguntas formuladas en la mencionada reunión de la Comisión, se discutió la conveniencia de referir las predicciones de temperaturas extremas del Plan, a la ciudad de Murcia en lugar de al Observatorio semi-rural de Murcia-Guadalupe, de forma que pudiésemos tener en cuenta el efecto urbano. Dicha propuesta se consideró improcedente en un primer momento, aunque sirvió de germen para un proyecto en forma de beca de postgraduados, que posteriormente convocó AEMET para el ejercicio 2008-2009. Dicha beca se denominó «Predicción Espacial de Extremas en la Ciudad de Murcia».

### **3. El proyecto**

La principal pretensión del proyecto era desvelar las posibles incertidumbres sobre el comportamiento térmico diferencial de la ciudad de Murcia respecto de sus alrededores

no urbanos. Así mismo, pretendía detectar relaciones funcionales entre variables meteorológicas, de manera que fuera posible predecir los valores de las temperaturas extremas urbanas en función de otras variables meteorológicas previstas.

La predicción de temperaturas extremas urbanas partiría de la prevista en el post-proceso del EPS del CEPPM para la estación no urbana de Murcia/Guadalupe. A partir de esta, y en función de otras variables previstas, se obtendrían los valores de extremas para puntos de la ciudad de Murcia con diferentes configuraciones urbanas.

Durante los primeros meses de la beca, y a modo de entrenamiento, se ajustó un modelo lineal múltiple a las diferencias históricas de temperaturas máximas veraniegas entre las estaciones de Murcia-Guadalupe, alejada del efecto urbano, y Murcia-Alfonso X, situada en la azotea de un edificio en el centro de la ciudad. Para esta estación, cuya ubicación está desaconsejada por la OMM como representativa del clima urbano (Informe nº 81, Instrumentos y Métodos de Observación), las variables viento y en menor medida la insolación, se revelaron como las más explicativas de la varianza del ajuste.

Parecía lógico pensar que, en el caso de las máximas, el viento a medio día, con su capacidad de agitar y mezclar las parcelas de aire, resultaría vital en la distribución espacial de temperaturas extremas. En un día de viento establecido, la distribución vertical de los flujos turbulentos son lo suficientemente efectivos como para homogeneizar horizontalmente las temperaturas independientemente del tipo de suelo (Rotach 1993).

Por su parte, la mayor o menor insolación diaria, afectaría al comportamiento diferencial urbano-no urbano, debido a las distintas capacidades caloríficas y albedos de cada suelo.

En cualquier caso, el paso obligado previo a la predicción, era conocer con el máximo detalle posible, las singularidades de la distribución espacial de temperaturas extremas en la ciudad de Murcia.

#### 4. La red de medida

Para ello, diseñamos una red urbana de termómetros, instalados en puntos con distintas configuraciones urbanas dependiendo principalmente de la relación entre la anchura de la calle y la altura de los edificios. De esta forma detectaríamos las diferencias, en las temperaturas extremas, entre las calles más anchas y soleadas con aquellas más estrechas y sombreadas, o bien, entre las calles con distribución norte-sur y las este-oeste, etc.

A fin de desvelar con detalle estas incógnitas, los sensores de la red debían medir, al menos, una vez cada 10 minutos, y disponer de un sistema de almacenamiento de datos. Esta exigencia descartaba la instrumentación convencional, y se hacía difícil es uso de la instrumentación automática disponible en la Agencia.

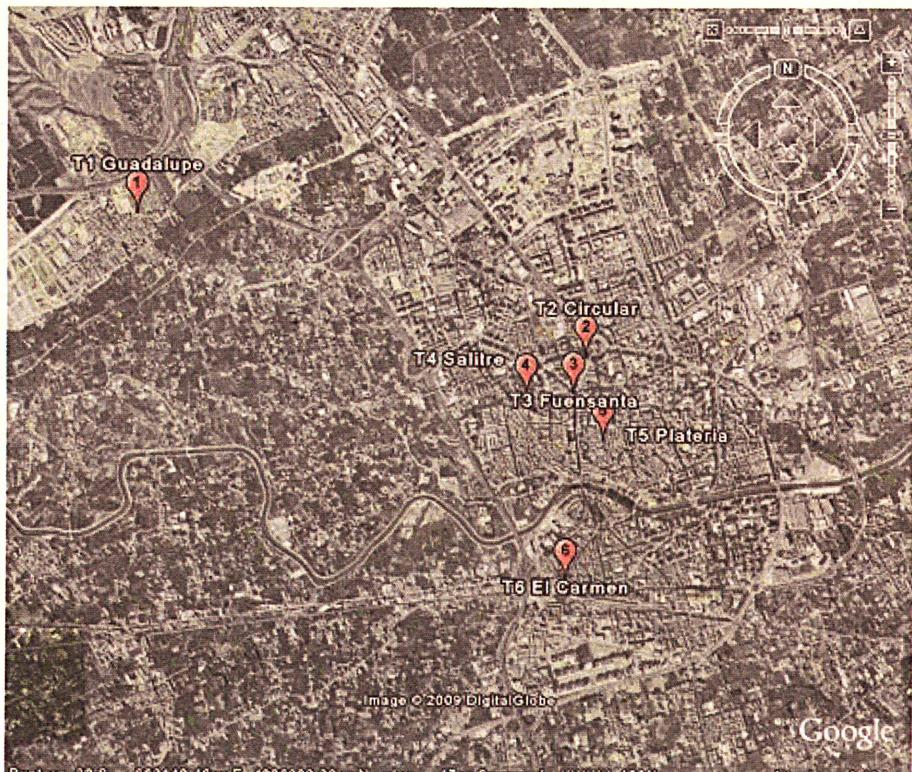
Tras una campaña de búsqueda en el mercado, se eligió el sensor MicroLITE de Dostmann-Electronic. Estos termómetros, con una precisión de  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$  y una resolución de  $0.1^{\circ}\text{C}$ , disponen de una unidad de almacenamiento con capacidad para 16000 medidas. Así mismo, llevan un puerto USB integrado, para la descarga de datos y la programación del muestreo.

Nuestro afán por medir las temperaturas extremas allá donde numerosos ciudadanos sufren los rigores del calor, y la imposibilidad de instalar en esas zonas, garitas oficiales de la Agencia, nos obligó a diseñar abrigos meteorológicos específicos para los sensores adquiridos. El diseño y fabricación de estos abrigos, corrió a cargo del Técnico de Mantenimiento de esta DT, Santiago de la Iglesia, con cuyo ingenio, profesionalidad y dedicación contamos en todo momento.

Tras estudiar el comportamiento del conjunto sensor y garita, en diferentes ubicaciones y alturas, y previa autorización del Ayuntamiento de Murcia, se instalaron cinco sen-

sores en distintas ubicaciones, procurando seguir en la instalación, las recomendaciones de la OMM, en su «Initial Guidance To Obtain Representative Meteorological Observations At Urban Sites» (Tim R. Oke, 2006).

La red quedó instalada y funcionando a primeros de junio de 2009.

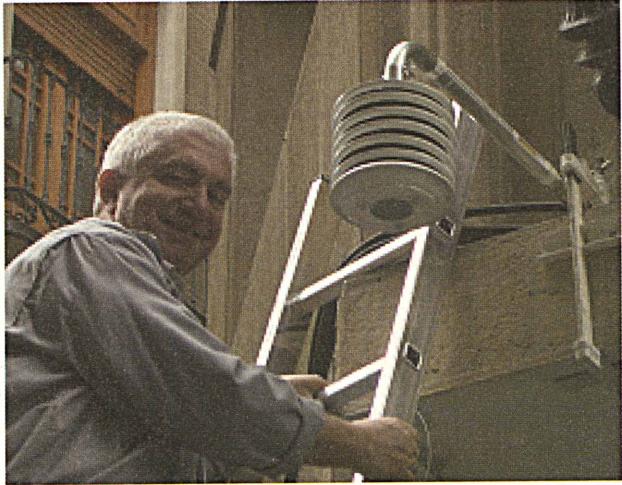
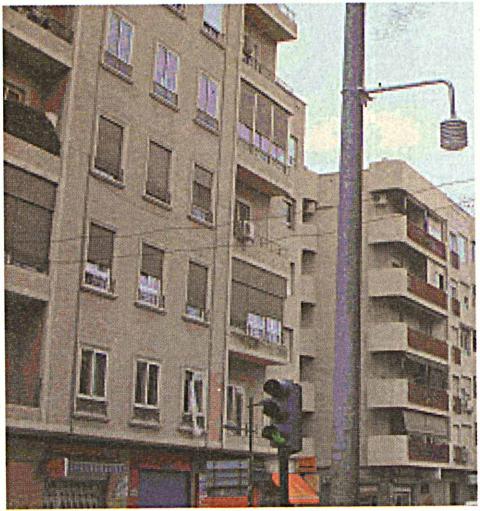
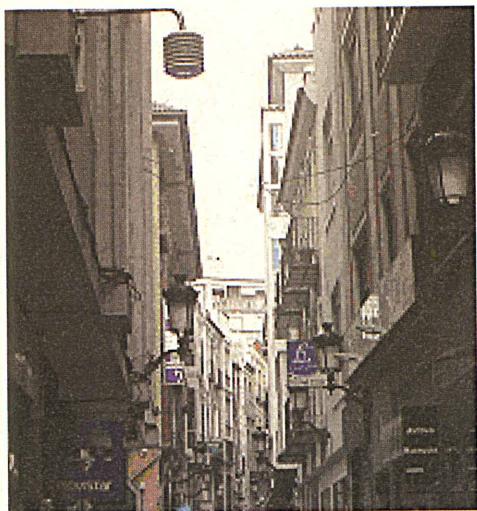


Vista aérea de la ciudad de Murcia. La marca T1, muestra la ubicación de la estación de Murcia/Guadalupe. De T2 a T6 forman la red urbana. El T7, instalado en la huerta, queda fuera de la imagen, a 5 km al este.(fuente: Google Earth)

La recuperación de los datos urbanos registrados se efectuó semanalmente mediante descarga a un PC con una aplicación del fabricante. Los sensores, con la programación de una observación cada 10 minutos, tenían capacidad de almacenamiento de más de 15 semanas.

## 5. Complementos a la red de medida

Desde los primeros momentos del proyecto se creyó necesaria la realización de medidas intensivas de campo o transectos (intersección transversal). Estos, son métodos para medir una determinada variable, con especial detalle, en una zona seleccionada, lo cual nos permitiría desvelar numerosas incertidumbres sobre el comportamiento térmico urbano. Por otra parte aprovecharíamos los transectos para comprobar el buen funcionamiento de los sensores de la red. Para la realización de los transectos utilizamos un termo-higrógrafo patrón y un anemómetro de mano.

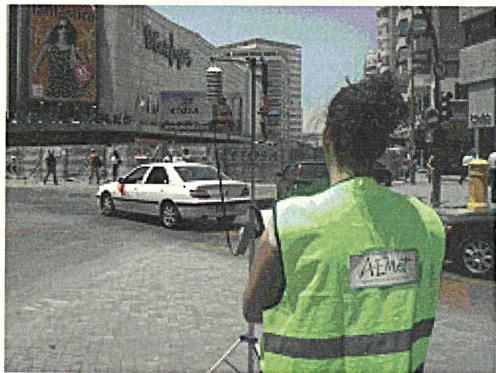
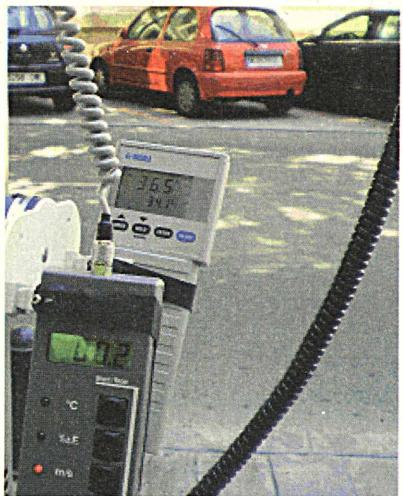


Diferentes sensores de la red urbana en la ciudad de Murcia

Los transectos comenzaron tomando medidas del sensor patrón junto a uno de los cinco puntos de la red urbana. Posteriormente, se realizaron medidas en distintas ubicaciones cercanas con distinta orientación, ventilación, tipo de suelo, rugosidad, tráfico, etc. Los transectos finalizaban volviendo a tomar una medida junto a uno de los sensores de la red.

Las temperaturas máximas durante el verano en la ciudad de Murcia, se suelen alcanzar entre las 15 y las 16 horas locales. A esas horas, y en la mayoría de días, el viento establecido es de componente este. A fin de completar la red de medida, se instaló instrumentación y garita convencionales en una zona de la huerta de Murcia, al este de la ciudad, fuera de efectos urbanos. Esta estación nos mostraría las condiciones de la masa de aire «pura», antes de su paso por la ciudad.

La red de medida termo-higrométrica del proyecto se completó con estaciones de AEMET, que fueron calibradas previamente con un termo-higrómetro patrón.



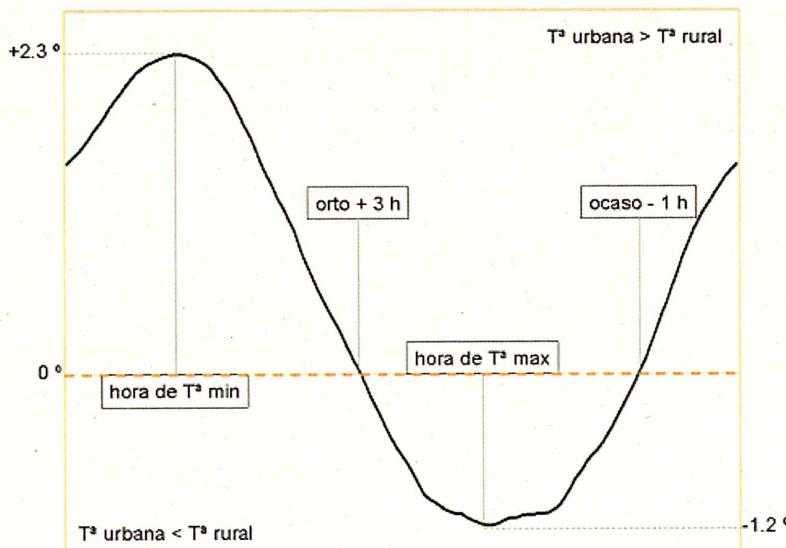
*Instrumentación utilizada durante los transectos y momentos de la observación.*

## 6. Conclusiones

De los primeros análisis de los datos observados durante el verano de 2009, cabe destacar lo siguiente:

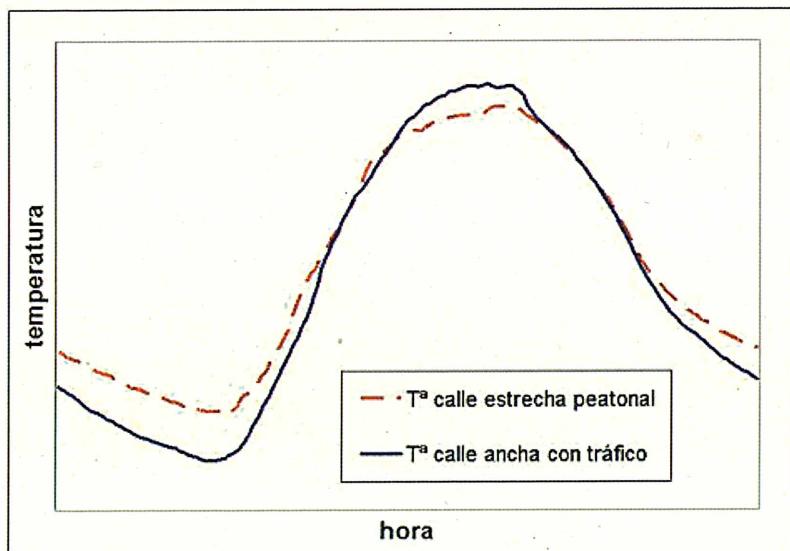
El aire en la ciudad, a unos dos metros de altura, está mas cálido que el de sus afueras durante unas 14 horas al día, que van desde aproximadamente una hora antes del ocaso, sobre las 18 UTC, hasta unas 3 horas después del orto del día siguiente, sobre las 8 UTC.

- En torno a la hora de la mínima, sobre las 05 UTC, es cuando mas cálida está la ciudad respecto a los alrededores no-urbanos. La media de diferencias máximas, durante el verano, fue de  $2.3^{\circ}\text{C} \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ . El rango de valores hallados osciló entre  $1.3^{\circ}$  y  $4^{\circ}\text{C}$ .
- Por otra parte, la ciudad está ligeramente mas fresca que su entorno rural durante unas 10 horas al día, que van desde 3 horas después del orto, sobre las 8 UTC, hasta una hora antes del ocaso, sobre las 18 UTC.
- Cercano a la hora de la máxima, hacia las 14 UTC, es cuando la ciudad está más fresca que su entorno rural. La media de diferencias máximas fue de  $-1.2^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , con un rango que va de  $-0.5^{\circ}$  a  $-2^{\circ}\text{C}$ .



Evolución promedio diaria de la diferencia de  $T^a$ , entre la ciudad de Murcia y la estación semi-rural de Murcia/Guadalupe, situada fuera de la influencia urbana.

- Los valores indicados en los epígrafes anteriores hacen referencia a valores urbanos medios ya que, dentro de la ciudad, existen claras variaciones térmicas según el tipo de configuración urbana. El sensor instalado en estrechas calles peatonales mostró menor amplitud térmica que el resto de sensores, ya que su peculiar configuración contribuye a refrescar los valores de máximas, entorno a 1°C, y a dificultar el enfriamiento nocturno, entorno a 1.5°C.



Evolución promedio diaria de la  $T^a$ , en calles con diferente factor anchura calle-altura edificios

- Al incluir, en la red de medida, una estación representativa de la huerta murciana, se ha confirmado, por comparación, el carácter ligeramente urbano que ha adquirido la estación de Murcia/Guadalupe en estos últimos años de desarrollo urbanístico en su entorno. Esta estación mostró una temperatura mínima media, durante la campaña, de  $1 \pm 0.8$  °C superior a la estación puramente rural. Ambas estaciones mostraron valores muy parecidos en sus máximas.
- Las zonas más cálidas de la ciudad de Murcia variaron de un día a otro en función de la dirección del viento. Las calles con valores altos del factor anchura\_calle/altura\_edificios, se mostraron mas sensibles a la dirección del viento, pasando de ser las más cálidas con una dirección, a ser de las más frescas con otra.
- En cualquier zona de la ciudad, la diferencia entre la temperatura del aire sobre suelo soleado y sombreado, varía a lo largo del día. Tras el amanecer, esta diferencia va en aumento, haciéndose máxima, de 2 a 3 °C, unas dos horas después, justo antes de que la circulación por anomalías térmicas se haga eficiente. En situaciones de viento débil, estas diferencias tienden a repetirse ciclicamente, aunque con menor amplitud; en situaciones con viento moderado, la agitación turbulenta las minimiza.

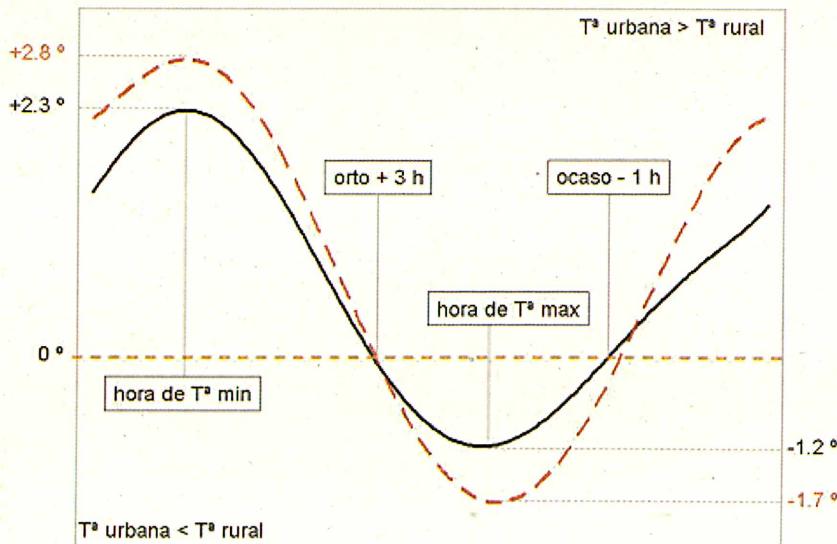
## 7. Respuestas a las preguntas planteadas

En los meses de verano, desde unas tres o cuatro horas después del orto, y hasta que el sol se acerque al horizonte, se registran menores temperaturas en el interior de la ciudad.

Las cantidades de vapor de agua junto al suelo son prácticamente las mismas dentro que fuera de la ciudad.

El viento es mayor y mas constante fuera que dentro de la ciudad.

Considerando la evolución promedio diaria del viento y la temperatura durante los meses de verano, en la ciudad de Murcia, la diferencia de sensaciones térmicas muestra lo siguiente:



Evolución promedio diaria de la diferencia de  $T^a$  (en negro) y  $T^a$  aparente (en rojo discontinuo), entre la ciudad de Murcia y la estación semi-rural de Murcia/Guadalupe, situada a las afueras.

- Durante la noche el viento suele ser débil pero, aun así, circula con algo más de intensidad fuera que dentro de la ciudad. De esta forma contribuye a que el efecto de isla de calor, sea en torno a 0.5 °C mas acusado.
- A las horas a las que, en verano, suele darse la temperatura máxima, que ronda los 36 °C, el viento suele superar los 15 Km/h, lo que aumenta las sensaciones de calor, razón por la cual resulta aún más agradables los paseos urbanos frente a los rurales, en torno a 0.5 °C de T<sup>a</sup> aparente.
- Durante la mañana de un típico día de verano, la ciudad pasa con bastante rapidez, de tener sensaciones más cálidas que su entorno, a tenerlas sensiblemente más frescas.
- Durante la tarde, el viento establecido amaina lentamente. Cuando la temperatura baja de unos 33°C, este viento residual contribuye en gran manera a refrescar el ambiente, y lo hace con más efectividad fuera que dentro de la ciudad. De ahí que las diferencias de T<sup>a</sup> aparente se disparen a esas horas.

## 8. Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Don Francisco Cadarso González, Presidente de AEMET, por facilitar el desarrollo del presente trabajo. Especialmente nos gustaría resaltar el trabajo encomiable y acertado de D. Santiago De la Iglesia Avedillo, que sin su colaboración habría sido imposible el desarrollo del proyecto. Agradecer al Alcalde de la Ciudad de Murcia su gestión, facilitando la instalación de los sensores de temperatura en los diferentes puntos de la ciudad, y finalmente queremos agradecer también a la Consejería de Sanidad, especialmente a la Dirección de Salud Pública por el gran interés mostrado y su apoyo incondicional al proyecto.

## 9. Referencias

- ELIASSON, I. 1996. *Intra- urban nocturnal temperature differences: a multivariate approach*. Göteborg University, Department of Physical Geography, Laboratory of Climatology. Sweden.
- OKE, T.R. 2006. *Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*. Organización Meteorológica Mundial.
- QUEREDA, J.; MONTÓN, E.; ESCRIG, J. 2008. *Un análisis experimental del efecto urbano sobre las temperaturas*. Laboratorio de Clima, Universitat Jaume I. Castellón (Spain).
- ROTACH, M.W. 1993. *Turbulence close to a rough urban surface Part I: Reynolds stress*. Boundary-Layer Meteorology 65 (1-2).