



Received: 01-10-2019  
Accepted: 12-10-2019

Anales de Edificación  
Vol. 5, Nº3, 27-34 (2019)  
ISSN: 2444-1309  
Doi:10.20868/ade.2019.4365

## Estudio del Fenómeno “Isla de Calor” en la Calle Gran Vía de Granada Study of the “Heat Island” phenomenon on Gran Vía Street in Granada

Oscar M. Jiménez Ferrer, Julián Arco Díaz & David Hidalgo García

University of Granada (Spain, juliannn@ugr.es, dhidalgo@ugr.es)

**Resumen**— En unas décadas, el cambio climático ha pasado de ser una teoría propuesta por una serie de expertos a un hecho real y evidente. La modificación del clima está aquí y ha llegado para quedarse. La industria ha elevado un 30% la emisión de gases a la atmósfera y según los últimos datos, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera alcanza el valor record de 418 ppm (Oke, 2015). Cifra que no ha parado de crecer incluso tras la implantación de medidas de control y reducción establecidas por la Unión Europea y Gobiernos. Las emisiones producen el denominado “efecto invernadero” que está modificando todos los parámetros meteorológicos, no solo del medio rural, sino también del medio urbano. Las ciudades constituyen uno de los focos principales de contaminación y de consumo de los recursos naturales. En ellas, se está produciendo un efecto conocido como “Isla de calor urbana” como consecuencia de una serie de factores: crecimiento, contaminación, escasez de zonas verdes y aumento de las zonas pavimentadas (Higueras, 2009; Higueras, 2007). Este efecto se define como la diferencia de temperatura existente entre la ciudad y las zonas rurales limítrofes. En la ciudad de Granada se desarrollan los factores indicados para la producción de este fenómeno, convirtiéndola junto a Madrid, Barcelona, Valencia y una zona de Canarias como las únicas zonas de España donde se superan los límites máximos anuales de dióxido de nitrógeno en el aire (Independiente, 2019). Esta circunstancia viene incrementada por la cercanía al Parque Natural de Sierra Nevada con altitudes que rondan los 2.800 metros. Esta circunstancia, unida a la escasez de vientos en la zona y el contraste diario en las temperaturas, (de hasta 20°C al día) (Consejería, 2020), hace que se produzca el efecto conocido como “inversión térmica”, de tal forma que la contaminación queda embolsada en la ciudad (Alomar and Llop, 2018; Moreno and Serra, 2016). La Gran Vía de Granada está situada en el centro de la ciudad y es posiblemente una de las calles más transitadas, tanto por vehículos como por peatones (Bosque, 1992). La investigación de las diferencias térmicas en esta céntrica calle se ha realizado mediante el método de transectos móviles con Data logger entre los meses de Abril, Mayo y Junio de 2018. También se han realizado una serie de instantáneas mediante cámara termográfica a diferentes partes de la calle (Alomar and Llop, 2018; Moreno and Serra, 2016; Quereda et al., 2003; Alonso et al., 2004; López, 1991). En total, 9 mediciones de campo cuyo resultado nos ha permitido identificar diferencias térmicas en los diferentes puntos de control de la calle de entre 1 y 3°C y diferencias con la estación meteorológica de la Agencia Española de Meteorología, ubicada en el Aeropuerto de Granada, de entre 2 y 4°C. El método utilizado ha determinado en la calle Gran Vía de Granada un sector caliente y otro frío. Este último coincidente con una zona fría de vientos dominantes por donde discurre el río Darro.

**Palabras Clave**— Ciudad; Contaminación; Isla de Calor; Temperaturas.

**Abstract**— In a few decades, climate change has gone from being a theory proposed by a number of experts to a real and obvious fact. The weather modification is here and it's here to stay. The industry has raised the emission of gases into the atmosphere by 30% and according to the latest data, the concentration of CO<sub>2</sub> in the atmosphere reaches a record value of 418 ppm (Oke, 2015). It has not stopped growing even after the implementation of control and reduction measures established by the European Union and Governments. The emissions produce the so-called “greenhouse effect” that is modifying all the meteorological parameters, not only of the rural

environment, but also of the urban environment. Cities are one of the main sources of pollution and consumption of natural resources. In them, there is an effect known as "Island of urban heat" as a result of a number of factors: growth, pollution, scarcity of green areas and increase in paved areas (Higuera, 2009; Higuera, 2007). This effect is defined as the difference in temperature between the city and the surrounding rural areas. In the city of Granada the factors indicated for the production of this phenomenon are developed, making it next to Madrid, Barcelona, Valencia and an area of the Canary Islands as the only areas in Spain where the maximum annual limits of nitrogen dioxide in the air are exceeded (Independiente, 2019). This circumstance is increased by the proximity to the Natural Park of Sierra Nevada with altitudes that are around 2,800 meters. This circumstance, together with the shortage of winds in the area and the daily contrast in temperatures (up to 20°C per day) (Consejería, 2020), causes the effect known as "thermal inversion" to occur, so that pollution is pocketed in the city (Alomar and Llop, 2018; Moreno and Serra, 2016). The Gran Vía de Granada is located in the center of the city and is possibly one of the busiest streets, both by vehicles and by pedestrians (Bosque, 1992). The investigation of the thermal differences in this central street has been carried out using the mobile transects method with Data logger between the months of April, May and June 2018. A series of snapshots have also been made by means of a thermal imager to different parts of the street (Alomar and Llop, 2018; Moreno and Serra, 2016; Quereda et al., 2003; Alonso et al., 2004; López, 1991). In total, 9 field measurements whose result has allowed us to identify thermal differences in the different control points of the street between 1 and 3°C and differences with the meteorological station of the Spanish Meteorological Agency, located at the Granada Airport, of between 2 and 4°C. The method used has determined a hot and a cold sector on Gran Vía street in Granada. The latter coincides with a cold zone of prevailing winds where the Darro River flows.

*Index Terms*— City; Pollution; Island heat effect; Temperatures.

## I. INTRODUCCIÓN

La calle Gran Vía se encuentra situada en el centro de la ciudad de Granada y es una de las más concurridas tanto por ciudadanos como por los vehículos. En la actualidad, presenta las siguientes características: dos aceras con poca vegetación, tres carriles con alta circulación de vehículos, (sobre todo de transporte público, tales como taxis y autobuses); contaminación acústica debida al tráfico y contaminación luminosa debida alumbrado de las farolas y escaparates. Esta situación está produciendo una serie de problemas de vital importancia:

1. Calidad del aire: La ciudad y su área metropolitana es junto a Madrid, Barcelona, Valencia y un área de Canarias, las únicas que superan los límites máximos anuales de dióxido de nitrógeno. Es una de las ciudades de España con peor calidad de aire debido al tráfico y es la ciudad más contaminada de Andalucía (Martínez, 2017).
2. Calidad de vida: Granada es una de las ciudades más calurosas de España. Durante el mes de octubre del año 2017 se superaron los 30 grados de máxima en un total de 24 días y, durante el verano del mismo año se alcanzó la temperatura récord de 43 grados. A esto hay que sumarle otros fenómenos atmosféricos diversos, tales como: "gota fría" en las estaciones de primavera y otoño y temperaturas bajo cero durante los meses de Diciembre y Enero.

Dado que la edad media de los residentes en la calle Gran Vía es superior a la media de la ciudad (entorno a unos 55 años) (INE, 2019), las condiciones climáticas pueden afectar de manera negativa a la salud de las personas, tanto de los habitantes como a la de los miles de turistas que visitan la ciudad cada año.

Las urbes crecen, no solo en número de habitantes sino también en extensión y densidad edificatoria. En la actualidad,

está aumentando la superficie ocupada por calles, aceras, edificaciones, industrias, etc, en contraposición con la disminución de zonas verdes y espacios públicos recreativos.

En la última década son muchas las voces que están alertando del aumento de las temperaturas de las ciudades con respecto a las existentes en sus entornos rurales. Este crecimiento de temperaturas en las urbes es conocido con el término "islas de calor urbano". Este, se define como:

Nombre que se usa para describir el calor característico tanto de la atmósfera como de las superficies en las ciudades (o áreas urbanas) comparadas con sus entornos no urbanizados. La isla de calor es un ejemplo de modificación climática no intencional cuando la urbanización le cambia las características a la superficie y a la atmósfera de la tierra (Voogt, 2019).

Existen varios tipos conocidos de islas de calor (Voogt, 2019):

1. Isla de calor de la capa de dosel (ICCD).
2. Isla de calor de la capa de perímetro (ICCP).
3. Isla de calor de superficie (ICS).

Los dos primeros tipos (ICCD e ICCP) engloban al calentamiento de la atmósfera de la ciudad, mientras que la última (ICS) se refiere al calor que emiten las superficies urbanas (Voogt, 2019).

La Capa de dosel urbana, (CDU) es aquella capa del aire de las ciudades que se encuentra más próxima a la superficie, extendiéndose hacia arriba hasta la altura media que presentan los edificios de la zona urbana. La temperatura de esta capa se puede medir con un termómetro (Voogt, 2019).

La Capa de perímetro urbano (ICCP) es aquella que se encuentra por encima de la capa de dosel y que puede ser aproximadamente de 1 km de espesor o incluso más. Esto dependerá de si es de día o de noche en la zona afectada. Esta temperatura también puede obtenerse a través de termómetros o sondas de temperatura (Voogt, 2019).

La capa de superficie, (ICS) es la capa superior y se encarga de formar una cúpula de aire caliente alrededor de la ciudad, “encerrando” el calor dentro. Esta capa es la más difícil de medir, ya que tiene que realizarse con sensores remotos instalados sobre satélites o aviones (Voogt, 2019).

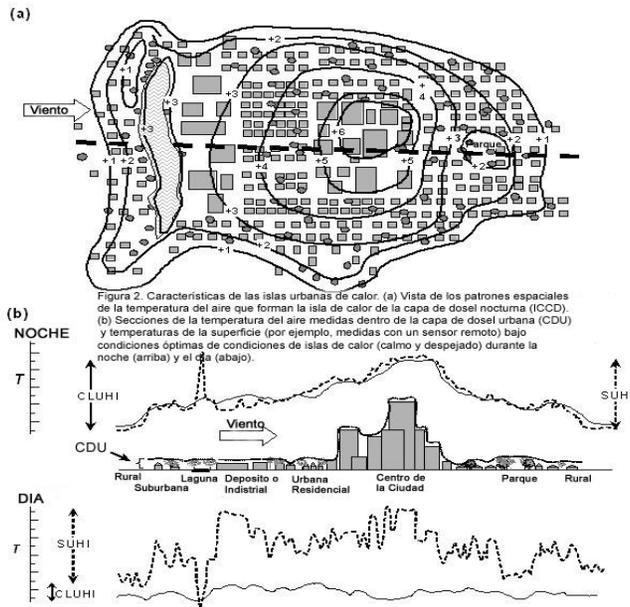


Fig. 1. Características de las islas de calor urbano. Fuente: <http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/voogt.html>. Fecha de consulta: Enero 2019.

Como se puede observar en la figura 1, las isothermas forman un patrón que se asemeja a una “isla” alrededor de la ciudad. A menudo, se produce un aumento intenso de la temperatura del aire en la capa de dosel, seguido esto por un aumento muy lento hacia el núcleo de la ciudad. Habitualmente esta zona de la urbe es la que más densidad edificatoria tiene. Así suele contar con edificios de gran altura rodeados de calles de pequeñas dimensiones y escasos espacios públicos. Por el contrario, la zona que menos varía es la zona perimetral de la ciudad que habitualmente es la que cuenta con menor densidad edificatoria y dispone de más espacios abiertos (Voogt, 2019). Si se realiza un corte transversal como en el de la imagen, podemos observar esa forma de “cúpula”, (véase fig. 2).

Se entiende como intensidad de la isla de calor al intervalo de diferencias térmicas que presenta con respecto a las zonas exteriores de la ciudad. Esta varía según el momento del día, las condiciones climáticas de la zona, la contaminación atmosférica, el tipo de superficie y las características morfológicas de la ciudad.

Para que se produzca una isla de calor tienen que intervenir varios factores. Estos son (McMichael, 2000):

1- Clima: Cuando tenemos un clima relajado, sin alteraciones, es más común que se produzca una isla de calor en las ciudades ubicadas dentro de esta zona climática. Sin embargo, una zona con fuertes vientos o con lluvias es

menos propensa, ya que se produce una mezcla del aire y un enfriamiento de la zona, reduciendo la posibilidad de que se produzca este fenómeno.

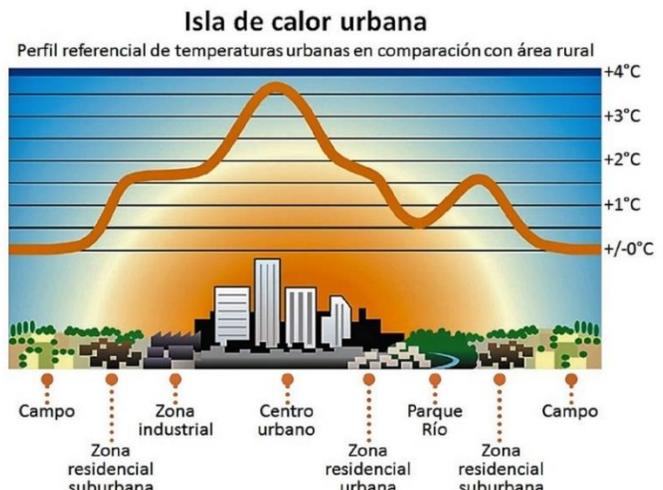


Fig. 2. Ejemplo gráfico de una isla de calor urbana. Fuente: <http://www.construcgeek.com/estilo-de-vida/islas-de-calor-el-concreto-y-el-aumento-de-temperatura-en-las-ciudades>. Fecha de consulta: Enero 2019.

- 2- Localización geográfica: La influencia de la región o la localidad (vientos fuertes, lluvias) puede experimentar que se “enfrie” las temperaturas urbanas. Esto es común en zonas costeras, cercanas al mar o a océanos y donde el viento “sopla” hacia tierra firme.
- 3- Hora del día y estación: Durante las horas diurnas es más común que se produzca el fenómeno. La estación también juega un papel muy importante. Se producen islas de calor más fuertes en verano que en invierno, sobre todo en aquellas ciudades que se encuentran en latitudes medias de la Tierra o con un clima tropical, (España es un claro ejemplo de latitud media).
- 4- Materiales de construcción: La formación de las islas de calor es favorecida por materiales de construcción muy densos e impermeables que habitualmente presentan mayor capacidad de reverberación solar. Por ejemplo, el asfalto absorbe gran cantidad de luz solar y se calienta mucho más que una superficie clara.
- 5- Calor antropogénico: es el calor que se genera por las actividades realizadas por los humanos, principalmente, la combustión de combustibles fósiles.
- 6- Polución, contaminación: La contaminación atmosférica es la presencia en de partículas o materias en el aire que implican riesgo o daño para los seres vivos.

Actualmente, más de la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas y se estima que para el año 2050, el 70% de la población lo haga. Esta circunstancia está provocando un aumento de las zonas urbanas lo que unido al aumento de la contaminación por gases de efecto invernadero está

produciendo un calentamiento global y una modificación climática de la Tierra (Sillman and Samson, 1995), (véase fig. 3).

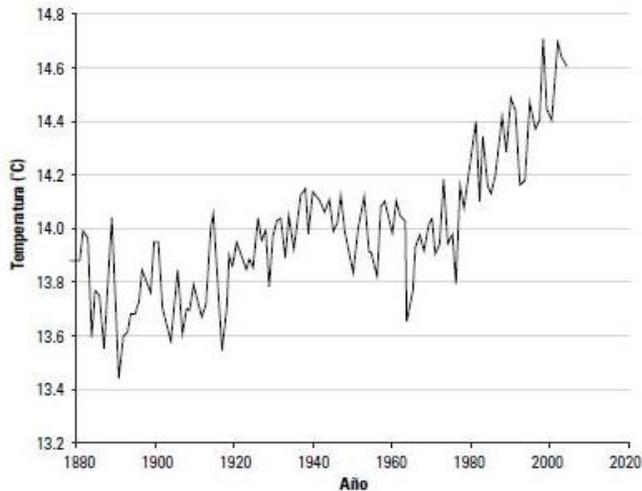


Fig. 3. Aumento de la temperatura global entre los años 1880-2014. Fuente: Modificado de Gooddar for space studies, national aeronautic space administration.

Se puede estudiar la temperatura y sus variaciones de diversas maneras, pero hoy en día contamos con la tecnología suficiente como para hacerlo a través de métodos más científicos. Una manera de estudiar las temperaturas es a través del estudio de fotografías realizadas con cámaras de rayos infrarrojos, conocidas como termografías, (véase fig.4). Es una técnica que parece sencilla, pero es más compleja de lo que aparenta ya que si no es realizada por un profesional cualificado, es muy posible que los datos que se tomen no sean de mucha precisión.

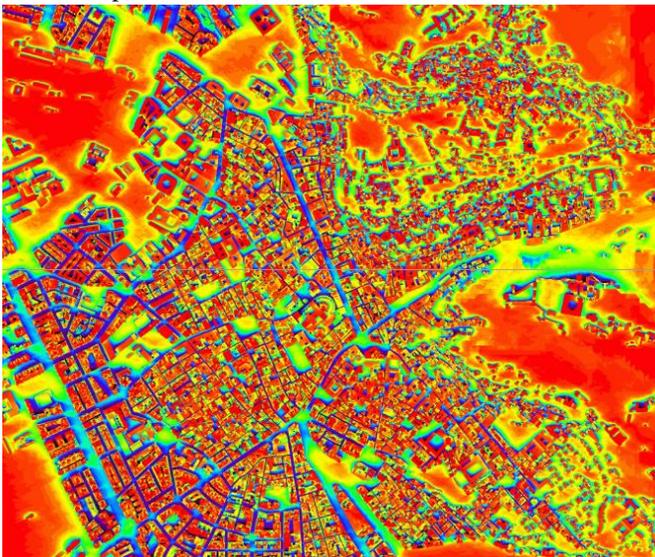


Fig. 4. Termografía del núcleo urbano de Granada (5/07/2018). Fuente: huellasolar, "Aplicación Web. Mapas de Soleamiento y Radiación de Ciudades," [http://www.huellasolar.com/?page\\_id=4065&lang=es#mapview](http://www.huellasolar.com/?page_id=4065&lang=es#mapview). Fecha de consulta: Enero 2019

En la última década, la ciudad de Granada ha experimentado un aumento considerable de la contaminación ambiental,

ubicándose entre las ciudades de mayor contaminación de España (Martínez, 2017). Siendo una ciudad pequeña hay que indicar que se ha producido un aumento considerable del tráfico rodado. Según datos del Plan de Movilidad Urbana realizado por el Ayuntamiento de Granada, el número de vehículos a motor en la capital para el año 2006 era de 158.000. En el año 2011, estos sufrieron un incremento del 9,7% respecto al año 2006 (Sillman and Samson, 1995).

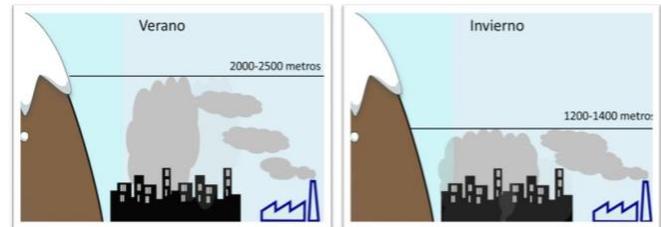


Fig. 5. Altura de la capa de mezcla en verano e invierno. Fuente: Casquero, J. Titos, G., Alados, L., Diagnóstico de la calidad del aire del aire metropolitana de Granada.

Otra circunstancia importante es la cercanía del sistema montañoso de Sierra Nevada. Con altitudes medias que rondan los 2.800 metros de altura supone una fuerte barrera difícil de superar por los contaminantes (Ayuntamiento, 2019). En verano, la altura es mayor con respecto al invierno, tal y como se puede observar en la figura 5.

## II. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El objetivo de esta ponencia es exponer la investigación sobre el estudio de las diferencias térmicas llevado a cabo en la calle Gran Vía de la ciudad de Granada. Esta es de gran importancia para urbe ya que no solo constituye una de las arterias principales de la ciudad sino que es de las más recorridas por los visitantes.

### A. Metodología

La metodología llevada a cabo ha consistido en:

- 1- Mediciones de temperatura ambiental de la calle. Mediante el método de los transectos móviles y con la ayuda de Data Logger de temperatura se ha realizado un recorrido en un número de días y a horas establecidos durante los meses de Abril, Mayo y Junio del año 2018.
- 2- Con la ayuda de una cámara termográfica, se han realizado una serie de instantáneas a diferentes partes de la calle para poder corroborarlas posteriormente con los datos obtenidos mediante los datos de los data logger.
- 3- Se han recogido los datos de temperatura ambiental de la Estación Meteorológica ubicada en el Aeropuerto de Granada y adscrita a de la Agencia Española de Meteorología.

- 4- Se han recogido los datos de concentración de partículas en el ambiente a través de las estaciones medioambientales adscritas a la red de vigilancia y control de la calidad ambiental en Andalucía del gobierno autonómico.
- 5- Por último, se han interpretado y comparado los datos al objeto de sacar unas conclusiones.

#### B. Aparatos de medición

En el experimento realizado se ha empleado un Data Logger de temperatura de la marca TESTO. A continuación, se exponen las características del instrumento: Data Logger Testo 174 T – Registrador de datos de temperatura, Modelo: 0572 1560; fabricante: Testo S.A.

También se ha contado con una cámara termográfica de rayos infrarrojos para obtener fotografías de edificaciones u otras zonas al objeto de poder comparar las temperaturas con las obtenidas mediante los data Logger. A continuación se exponen las características del instrumento: Flir E5 – Cámara de infrarrojos con MSX; fabricante: FLIR Systems Inc

Cuenta con un software, “FLIR Tools” con el cual poder analizar detalladamente las imágenes obtenidas, así como para la realización de informes.

#### C. Datos de la Agencia Española de Meteorología (AEMET)

Los datos de temperatura ambiental se han obtenido de la estación de meteorología ubicada en el aeropuerto de Granada. La AEMET cuenta con varias estaciones meteorológicas cercanas a la ciudad pero se ha considerado que la ubicada en el aeropuerto es la más apropiada ya que cuenta con características similares, (altitud, predominio de vientos, etc...) que la ciudad de Granada.

#### D. Datos de la estación de vigilancia y control ambiental

La estación de vigilancia y control ambiental utilizada es la ubicada en el Palacio de Congresos de la ciudad de Granada, adscrita a la Consejería de Cultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía. Las coordenadas UTM de la misma, son las siguientes: 4467214-113421

El motivo de la elección de esta estación es por su cercanía a la calle objeto de estudio y por ubicarse en la zona centro de la ciudad. De esta forma, las condiciones ambientales y de contaminación son similares entre ambas ubicaciones.

#### E. Recorrido seguido con el Data Logger

El recorrido realizado en cada salida ha sido siempre el mismo. A la hora establecida, se inicia en la puerta del Instituto Padre Suarez. Por la acera de la derecha se llega hasta la Plaza de Isabel la Católica. Este trayecto cuenta con una duración aproximada de 10 minutos. En este punto se cruza de acera para volver al punto inicial del recorrido por la acera contraria. El recorrido de vuelta también presenta una duración de 10 minutos, (véase fig. 6).



Fig. 6. Recorrido realizado durante el experimento en Gran Vía. Fuente: Modificado de Google Earth.

Una vez iniciado el recorrido se pulsa el botón de rec del Data Logger que se encuentra programado para realizar las grabaciones de las temperaturas ambientales cada 1 minuto. Como el recorrido presenta una duración de 20 minutos, se obtienen un total de 20 medidas. En la figura 7, se puede observar cómo se ha colocado la sonda durante la realización del experimento:



Fig. 7. Colocación del instrumento y de mochila para realización del experimento.

La sonda de medición y la mochila se han colocado hacia delante, ya que la ubicación en la espalda podría provocar que el viento generado por el cuerpo al andar afectase a la medición del instrumento. Durante la realización de los recorridos, la sonda no se encontraba próxima a la mochila ya que iba colgada de la cuerda que se ve en la imagen y entre ella y la mochila existía un flujo de aire continuo, por lo que se considera que las mediciones no se vieron afectadas en ningún momento.

#### F. Horas y meses del recorrido

En la tabla 1, se pueden observar los días, horarios y recorrido exacto realizado para la calle Gran Vía de Colón.

Una vez conocidos los datos del recorrido que se ha seguido y, realizado la medición de todos ellos, se procede a la descarga de estos datos en el software que viene incluido con el medidor de temperatura. Se descargan los datos en una tabla de formato Excel como la que se puede observar en la figura 8.

TABLA I  
HORARIO Y MESES DEL RECORRIDO REALIZADO, CALLE GRAN VÍA DE COLÓN

Salida	Mes	Día	Hora inicio	Hora fin
1º	Abril	23	12:00	12:20
2		25	11:00	11:20
3	Mayo	2	12:10	12:30
4		3	8:30	8:50
5		7	12:05	12:25
6		9	12:00	12:20
7		15	13:20	13:40
8		17	9:00	9:20
9	Junio	1	8:33	8:53

Número del instrumento: 59 GRM100A	Misero	Misero	Promedio	Velocidad
Hora de inicio: 01/06/2018 03:30:00	17,80	20,60	18,325	0,00 D10, D
Hora de fin: 01/06/2018 03:32:00				
Condición de radiación: 1				
Velocidad: 0,0				
03/05/2018				
GRAN VÍA				
Calle de Simón Bolívar Frente				
02:30:00/03:00:00 Avenida Dirección (El Páramo, Salinas I. Plaza Solera - Plaza Colón (acortada)				
02:43:00/03:00:00 Avenida Dirección (Calle de San Francisco, Calle Colón - Delegación, Junta Andaluza (acortada)				
#	Fecha-Hora	Temperatura		
1	01/06/2018 03:30:00	17,80		
2	01/06/2018 03:31:00	20,30		
3	01/06/2018 03:32:00	20,40		
4	01/06/2018 03:33:00	19,80		
5	01/06/2018 03:34:00	19,70		
6	01/06/2018 03:35:00	19,80		
7	01/06/2018 03:36:00	19,30		
8	01/06/2018 03:37:00	19,20		
9	01/06/2018 03:38:00	19,80		
10	01/06/2018 03:42:00	19,80		

Fig. 8. Hoja de Excel con tabla de registro de datos.

### III. RESULTADOS Y DISCURSIÓN

Los resultados obtenidos en cada una de las salidas establecidas en la tabla 1 junto con los datos climatológicos de la AEMET y los de calidad del aire de las estaciones de vigilancia y control de la Junta de Andalucía se encuentran reflejados en la tabla 2.

En la figura 11, se pueden observar las gráficas de las temperaturas obtenidas por el data logger utilizado en los recorridos establecidos en la tabla 1.

La tónica habitual de las gráficas obtenidas es que tras iniciar el recorrido de ida, las temperaturas van descendiendo progresivamente hasta llegar a la Plaza de Isabel la Católica, (punto 10 del recorrido). Por el contrario, las temperaturas del recorrido de vuelta se mantienen estables hasta llegar al final del trayecto, (punto 20 del recorrido). Realizando la media de las temperaturas obtenidas en el recorrido de ida se obtiene un resultado de 18,65 °C. Por el contrario, la temperatura media de los recorridos de vuelta es de 17,65 °C, es decir, un grado menos. La media de la temperatura marcada por la estación meteorológica de la AEMET para ese intervalo de días es de 16,32 °C. Por tanto, la intensidad de la isla de calor urbana tanto para el recorrido de ida como para el de vuelta es de 2,33 °C y

1,33 °C, respectivamente. El valor medio de intensidad obtenido es de 1,83 °C.

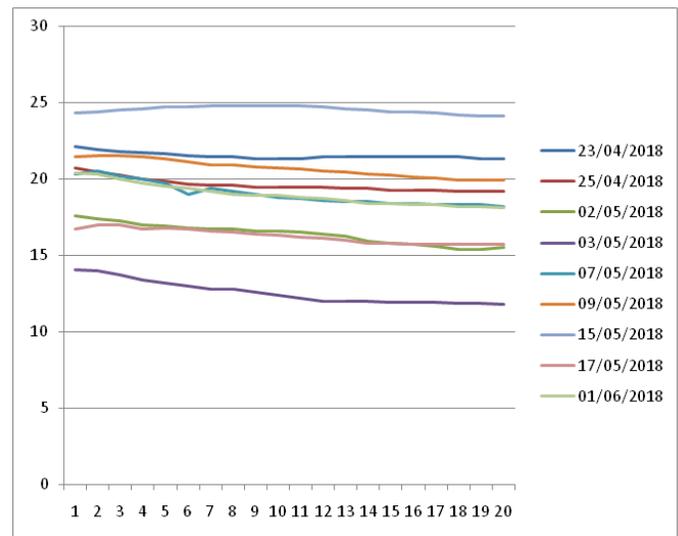


Fig. 9. Temperaturas de la Calle Gran vía de Granada.



Fig. 10. Termografía realizada en Calle Gran Vía.

Estas circunstancias se encuentran claramente relacionadas con la orientación de la calle y con los accidentes geográficos de la zona. Durante los días soleados, el recorrido de ida se realiza recibiendo los rayos solares y aunque el data logger no recibe radiación solar se manifiesta la reverberación del calor por las fachadas de los edificios y pavimentos. Por el contrario, el recorrido de vuelta viene condicionado por las sombras que generan los propios edificios. Por tanto, es razonable la diferencia de temperatura existente entre ambas aceras.

Por otro lado, es interesante entender el motivo por el que se produce el descenso de temperaturas durante el recorrido de ida. Esta circunstancia se encuentra relacionada con la situación del Río Darro en el punto final del recorrido de ida. Aunque se encuentra embovedado en ese punto, 400 metros curso arriba discurre a cielo abierto. El río inicia su embovedado en Plaza

Nueva y por tanto, la calle Reyes Católicos canaliza la corriente de aire que discurre por el cauce del río y que no entra en el embovedado, realizando una bajada de las temperaturas ambientales en esa zona. La media de la diferencia de temperaturas entre el punto de inicio y el punto final del recorrido de ida en condiciones ambientales de soleamiento y nublado y calidad del aire admisible es de 1,2 °C y 0,7 °C, respectivamente. Cuando la calidad del aire empeora a una situación de mala, esta diferencia es de 0,51 °C en condiciones de soleamiento y de 0,8 °C en condiciones de nublado.

La influencia de las condiciones climáticas afecta de forma considerable en la intensidad de la isla de calor urbana. Así, si durante los días despejados la diferencia entre la temperatura media del recorrido de ida y el de vuelta es de 1,00 °C y la intensidad de la isla de calor urbana es de 1,83 °C, en los días nublados se ha obtenido una diferencia de temperatura entre ambas aceras de 0,90°C y una intensidad de isla de calor urbana de 3,16 °C.

La siguiente cuestión a tener en cuenta son las condiciones de contaminación ambiental. Según los datos de las estaciones de vigilancia ambiental de la Junta de Andalucía, los días 25 de Abril y el 15 de Mayo tuvieron una calidad del aire mala y las condiciones climáticas fueron soleadas. Durante estos días, la diferencia entre la temperatura media del recorrido de ida y el de vuelta fue de 0,5 °C y la intensidad de la isla de calor urbana fue de 3,47 °C. Dato muy superior a los valores obtenidos en una situación de estabilidad climatológica donde se obtuvo un valor de 1,83 °C y con la situación de inestabilidad donde se obtuvo un valor de 3,16 °C.

El día 23 de Abril la situación climatológica fue de nublado y a su vez la calidad del aire fue de mala. En estas circunstancias, la diferencia entre la temperatura media del recorrido de ida y el de vuelta fue de 0,23 °C y la intensidad de la isla de calor urbana fue de 1,96 °C. En la tabla 3 se pueden observar los resultados ya comentados y que han sido obtenidos en base a las situaciones climáticas y la calidad del aire.

#### IV. CONCLUSIONES

La presente ponencia expone el procedimiento llevado a cabo para la determinación del fenómeno conocido con el nombre de

"isla de calor urbana" en la céntrica Gran Vía de la ciudad de Granada. Resulta evidente la necesidad de ampliar el estudio a un intervalo temporal más amplio que incluya el periodo correspondiente a la estación de verano ya que es durante este periodo cuando la intensidad de la isla de calor urbana es más pronunciada (McMichael, 2000).

TABLA III  
TEMPERATURAS MEDIAS DURANTE EL PERIODO OBJETO DE ESTUDIO

	Calidad del Aire Admisible		Calidad del aire Mala	
	Soleado	Nublado	Soleado	Nublado
<i>Diferencia media entre aceras</i>	1,00	0,9	0,5	0,23
<i>Intensidad media Isla de Calor Urbana</i>	1,83	3,16	3,47	1,96
<i>Intensidad Isla de Calor Urbana en Zona fría</i>	0,63	2,46	2,96	0,89

No obstante, los datos obtenidos en la presente investigación permiten establecer una serie de conclusiones objetivas que se describen a continuación:

1. La ciudad de Granada y en concreto la céntrica calle objeto de estudio ha sufrido durante el periodo investigado los efectos del fenómeno conocido con el nombre "isla de calor urbana". Este, en condiciones ambientales y de polución normales se estima en una temperatura media de 1,83 °C.
2. Según los datos obtenidos, la intensidad de la isla de calor depende de una serie de factores. Entre ellos, destacar las condiciones climáticas, la situación geográfica y la calidad del aire.
3. Con respecto a las condiciones climáticas indicar que cuando la situación ambiental es nublado, el efecto de la isla de calor se incrementa un 73% con respecto a la situación de soleado. La polución afecta de manera significativa ya que en condiciones de soleamiento incrementa el efecto de isla de calor en un 89,7%. Este porcentaje desciende considerablemente hasta el 7,3%

TABLA II  
HORARIO Y MESES DEL RECORRIDO REALIZADO, CALLE GRAN VÍA DE COLÓN

Fecha	Hora inicio	Hora Fin	Timepo	T.AEMET	T. medida máxima	T. medida mínima	T. medida media	Calidad aire
23/04/18	12:00	12:20	Nublado	17,6	22,1	21,30	21,70	Mala
25/04/18	11:00	11:20	Soleado	15,8	20,8	19,20	20,00	Mala
2/05/18	12:10	12:30	Soleado	15,1	17,6	15,50	16,55	Admisible
3/05/18	8:30	8:50	Soleado	11,3	14,05	11,90	12,97	Admisible
7/05/18	12:05	12:25	Soleado	17,1	20,40	18,20	19,30	Admisible
9/05/18	12:00	12:20	Nublado	17,8	21,50	19,90	20,70	Admisible
15/05/18	13:20	13:40	Soleado	18,4	24,80	24,10	24,45	Mala
17/05/18	9:00	9:20	Soleado	15,2	17,00	15,60	16,30	Admisible
1/06/18	8:33	8:53	Soleado	18,6	24,40	18,10	21,25	

cuando la situación atmosférica es de nublado. Con respecto a las condiciones geográficas, indicar que la existencia de zonas frías dentro de la ciudad como por ejemplo, lagos o ríos, permite una disminución del efecto isla de calor. En nuestra investigación, el punto 10 del recorrido, (el más cercano al río Darro), muestra una disminución de la intensidad de 1,2 °C, quedando la isla de calor en tan solo 0,63 °C. En una situación de nublado, disminuye la temperatura en 0,7 °C pero aumenta el efecto de la isla de calor hasta los 2,46 °C. En condiciones ambientales de polución, el efecto de isla de calor aumenta hasta los 2,96 °C en condiciones de soleamiento y disminuye hasta 0,89 °C en condiciones de nublado. Estos datos suponen una reducción del efecto de la isla de calor en las zonas frías de la ciudad que oscila entre el 15 y el 66% dependiendo de las condiciones climáticas y de calidad del aire.

4. El estudio del fenómeno de isla de calor urbana debe ser estudiado de una forma global dentro de las ciudades, de tal forma que se puedan obtener zonas calientes y frías dentro de las urbes. Estas permitirán establecer intervenciones globales al objeto de minimizar sus efectos sobre la población.

#### REFERENCIAS

- Oke, T.R. (2015). "City size and the urban heat island", *Atmospheric environment*, Volumen 7, pp. 469-779.
- Higueras, E. (2009). *Urbanismo y medio ambiente: El territorio*, Cuadernos del Instituto Juan de Herrera, Madrid.
- Higueras, E. (2007). *Urbanismo Bioclimático*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona.
- Independiente (2019). *El Independiente de Granada*, El Gobierno Sitúa a Granada Como Una de Las Cinco Zonas Más Contaminadas de España. <http://www.elindependientedegranada.es/ciudadania/gobierno-situa-granada-como-cinco-zonas-mas-contaminadas-espana>. (Fecha de acceso: Enero 2019).
- Consejería (2020). *Consejería de Empleo, Empresa y Comercio. Estrategia Energética Andalucía 2020*. <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/EEA/files/assets/basic-html/index.html#1>. (Fecha de acceso: Enero 2019)
- Alomar, G., Llop, J. (2018). "La isla de calor urbana en Palma: avance para el estudio del clima urbano en una ciudad litoral mediterránea", *Boletín de la asociación de geógrafos españoles*. Número 78, pp. 392-418.
- Moreno, M.C., Serra, J.A. (2016). "El estudio de la isla de calor urbana en el ámbito mediterráneo: una revisión bibliográfica", *Biblio3W*, XXI(1179).
- Bosque, J. (1992). "Crecimiento y Remodelación en la ciudad de Granada (1960-1990)", *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, número 12, pp. 191-203.
- Quereda, J., Montón, E., Escrig, J. (2003). "Un análisis experimental del efecto urbano sobre las temperaturas", *Investigaciones geográficas*, volumen 43, pp. 5-17.
- Alonso, M<sup>a</sup>. S., Fidalgo, M<sup>a</sup> R., Labajo, J.L. (2004). "El clima de las ciudades: Isla de calor de salamanca", *Revista de salud ambiental*. Número 4, pp. 25-29.
- López, G. (1991). *El clima urbano en Madrid: La isla de Calor*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Martínez, J. (2017). "El Gobierno Sitúa a Granada Como Una de Las Cinco Zonas Más Contaminadas de España", *El Independiente de Granada*, 26 Septiembre, <http://www.elindependientedegranada.es/ciudadania/gobierno-situa-granada-como-cinco-zonas-mas-contaminadas-espana>. Fecha de consulta: Enero 2019.
- INE (2019). Instituto Nacional de Estadística. "Población de Granada Capital", <http://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2871>. Fecha de consulta: Enero 2019.
- Voogt, J. (2019). *Islas de calor en zonas urbanas. Ciudades más calientes*. <http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/voogt.html>. (Fecha de consulta: Enero 2019).
- McMichael, A.J. (2000). "The urban environment and health in a world of increasing globalization: Issues for developing countries", *Bulletin of the World Health Organization*, volumen 78 pp. 1117-1126.
- Sillman, S., and P.J. Samson. (1995). The impact of temperature on oxidant formation in urban, polluted rural and remote environments. *Journal of Geophysical Research* 100: 11497-11508.
- Ayuntamiento (2019). *Ayuntamiento de Granada. Plan de movilidad urbana de Granada*. [http://www.movilidadgranada.com/pmus\\_index.php](http://www.movilidadgranada.com/pmus_index.php). Fecha de consulta: Enero 2019.



**Reconocimiento – NoComercial (by-nc):** Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.