

LA ISLA DE CALOR EN LAS PALMAS DE GRAN CANARIA: INTENSIDAD, DISTRIBUCIÓN Y FACTORES CONDICIONANTES¹

Ruiz-Flaño¹, P.; Romero Martín, L².; Máyer Suárez, P².; Hernández Cordero, A².

¹ Departamento de Geografía. Universidad de Valladolid

² Departamento de Geografía. Universidad de Las palmas de Gran Canaria

RESUMEN

En este artículo se analizan las temperaturas del aire en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria. Mediante la realización de transectos urbanos se han podido estudiar las principales pautas del régimen higrótico urbano. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que Ciudad Alta se comporta como un enclave fresco, frente a las temperaturas más cálidas que se alcanzan en Ciudad Baja. En este último sector se ha podido comprobar la existencia de una isla de calor, de carácter bifocal e intensidad moderada (3.4° C de media anual), que alcanza su mayor intensidad durante los meses invernales. Los factores que condicionan esta distribución espacial de las temperaturas pueden establecerse a doble escala. A una escala de poco detalle, el principal factor de control de la diferenciación térmica es la altitud; a mayor detalle, las temperaturas están determinadas por los usos del suelo y la intensidad del tráfico.

Palabras clave: clima urbano, isla de calor, transectos urbanos, régimen térmico estacional.

ABSTRACT

This article presents an analysis of air temperatures in the city of Las Palmas de Gran Canaria. We have used urban transects to study the main patterns of the hygrothermal regime.

Fecha de recepción: junio 2007.

Fecha de aceptación: agosto 2008.

¹ Resultados del trabajo de investigación.

The findings of this study show that the higher parts of the city (Ciudad Alta) act as a cool enclave, compared to the warmer temperatures registered in the lower districts of the city (Ciudad Baja). In these lower districts, a bifocal heat island of medium intensity (3.4°C), registering its highest levels of intensity during winter months, has been identified. The factors that affect the spatial distribution of the temperatures can be established on two scales. On a low detail scale, the main control factor in the difference in temperature is altitude; on a higher detail scale, temperatures are determined by land use and traffic intensity.

Key words: urban climate, heat island, urban transects, seasonal temperature regime.

I. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre clima urbano comienzan a desarrollarse en España a partir de los años 80 del siglo XX, aunque es en la primera mitad de la década de los 90 cuando estos trabajos comienzan a concretarse en publicaciones científicas (Moreno García, 1998). Hoy son numerosos los estudios que abordan las características térmicas de diferentes ciudades españolas, especialmente del norte y centro de la Península (López Gómez *et al.*, 1991 y 1993; Fernández *et al.*, 1994; Fernández y Galán, 1995; Martín Vide y Moreno, 1992; Moreno García, 1993; García Ruiz *et al.*, 1989; Ortigosa Izquierdo *et al.*, 1998; García Codrón, 1990; Brunet, 1992; Cuadrat *et al.*, 1993; Martí y Miragaya, 1998; Álvarez Pedrero, 1998; Soler Temprano, 1998; López Martín, 2002; Alonso *et al.*, 2003).

Por lo que respecta al archipiélago Canario, las dos ciudades de mayor tamaño y dinamismo demográfico y económico (Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria) disponen ya de estudios sobre clima urbano. Los trabajos de Dorta *et al.* (1990) y Marzol *et al.* (1992) sobre Santa Cruz de Tenerife son pioneros en este sentido. Utilizando los datos procedentes de transectos urbanos y de 17 estaciones meteorológicas ubicadas en la ciudad y su periferia, estos autores analizan las condiciones meteorológicas de la ciudad y las diferencias que pueden establecerse con el medio rural próximo. Los resultados señalan la importancia de las brisas marinas y de los tipos de tiempo en el comportamiento térmico de Santa Cruz de Tenerife y confirman la existencia de notables diferencias entre los sectores costeros, los barrios altos y el interior de la ciudad. Por su parte, Hernández *et al.* (2001) y Romero *et al.* (2005) estudian la distribución espacial de las temperaturas en Las Palmas de Gran Canaria. El primero es una aproximación al clima urbano de la ciudad a partir de un reducido número de días de muestreo, centrándose exclusivamente en el análisis de las temperaturas nocturnas del sector urbano desarrollado sobre la plataforma litoral, área donde se concentra la mayor parte de la actividad económica, comercial y donde se registran las mayores densidades de población y de tráfico. El estudio realizado por Romero *et al.* (2005) amplía el área al conjunto de la ciudad, en la que realizan el seguimiento anual de las temperaturas en diferentes bandas horarias, confirmando la existencia de una isla de calor nocturna de carácter bifocal e intensidad moderada.

En la misma línea del trabajo anterior, el que aquí presentamos aporta nuevos datos sobre el régimen higrótico de Las Palmas de Gran Canaria, basado en el incremento del tamaño de la muestra e incidiendo especialmente en la identificación de la intensidad y morfología

de la isla de calor nocturna, así como en su evolución estacional y su relación con distintas variables ambientales y humanas.

La elección del municipio y de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria obedece a una serie de características que derivan de su importancia urbana. Según datos de la explotación estadística del Padrón, a uno de enero de 2006, este municipio ocupa el octavo lugar a escala nacional según el número de habitantes, con 377.056 habitantes. Por lo tanto es uno de los de mayor densidad demográfica de todo el país, con 3.627,14 hab/Km². El importante peso demográfico del mismo se corresponde con su hegemonía económica a escala nacional y, sobre todo regional. Es la ciudad más dinámica de Canarias. A la capitalidad compartida, que ejerce con Santa Cruz de Tenerife, y que determina la presencia de un elevado número de instituciones administrativas de carácter oficial, se une una intensa actividad empresarial, que aprovecha la proximidad al continente africano y la posición de encrucijada atlántica para la implantación de empresas que pretenden proyectarse hacia dicho continente. Asimismo, se unen a las actividades terciarias cualificadas, propias de una urbe de semejantes características, la actividad portuaria. Con respecto a esta última, a las funciones tradicionales de carácter portuario (la pesca, la reparación de embarcaciones, el turismo de crucero, etc.), se une un intenso tráfico de contenedores, que ha hecho que el negocio que genera el Puerto de La Luz y de Las Palmas tenga un papel decisivo en la economía insular y regional.

A pesar de su relevancia demográfica y económica y los trabajos que se han realizado sobre las características climáticas de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, resultan insuficientes. Por ello, consideramos que este trabajo contribuye a rellenar este vacío además de aderezar lo ya escrito sobre ciudades de tamaño y de condiciones ambientales similares, es decir, ciudad litoral, insular, de tamaño medio y de clima subtropical húmedo.

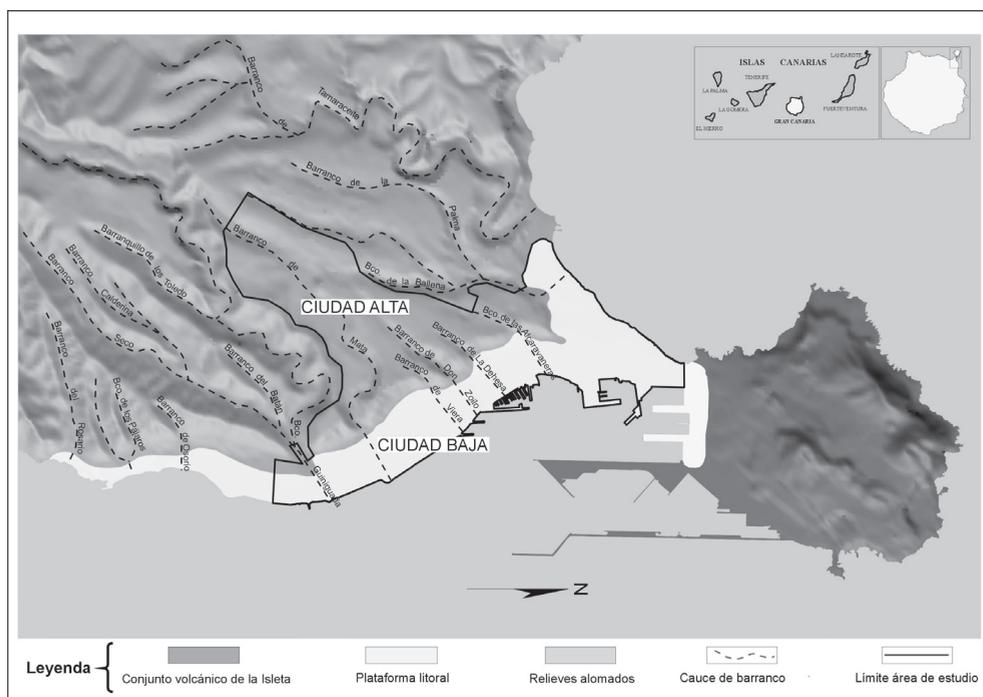
II. ÁREA DE ESTUDIO

Las Palmas de Gran Canaria, capital de la isla de Gran Canaria, es una ciudad litoral que ha experimentado un crecimiento espectacular en las últimas décadas. Es el municipio con más superficie urbanizada de todo el archipiélago, con 1.102 hectáreas en el año 2002. En este estudio se ha seleccionado parte del casco urbano consolidado en la década de los 80 del siglo veinte. Presenta una superficie de 9 Km² y se extiende sobre las suaves pendientes de la plataforma costera, conocida como Ciudad Baja y sobre las más acusadas de los lomos, riscos y barrancos que se adentran en el interior de la isla, denominada Ciudad Alta. El acusado contraste topográfico entre ambas unidades ha condicionado el proceso de ocupación y aprovechamiento de ambas superficies pues, mientras que en la ciudad baja se asienta, desde la conquista, el núcleo fundacional de la ciudad y tiene lugar el posterior crecimiento y colmatación actual de la misma, en Ciudad Alta la urbanización programada y dirigida fue mucho más tardía. En lo que se refiere al tipo de ocupación humana y a los usos, existe un fuerte contraste entre ambas zonas pues mientras en Ciudad Baja coexisten el uso residencial con el administrativo, el económico, deportivo, recreativo y comercial, en Ciudad Alta domina el uso residencial, con sectores puntuales en los que se concentran edificaciones destinadas a otro tipo de usos (comercial, industrial y deportivo). Por último, desde un punto de vista urbanístico, ambos sectores presentan notables diferencias morfológicas. Así, en Ciudad Baja predomina la trama cerrada, en las que las manzanas se encuentran totalmente ocupadas

por viviendas medianeras, mientras que en Ciudad Alta se combinan la trama cerrada, en los lomos y sectores relativamente llanos, con la trama abierta, con edificaciones tipo torre, en las áreas con grandes desniveles (vertientes y microcuencas). Además, mientras en la Ciudad Baja predomina la iniciativa privada e individual en la construcción de viviendas, en la Alta lo hace la actuación tipo polígono, que conlleva el consumo de mucha superficie urbana para la construcción de grandes cantidades de viviendas.

La localización de Las Palmas de Gran Canaria en el norte insular (figura 1), bajo la influencia constante de los vientos alisios, junto a su condición de ciudad costera y su baja altitud, son los factores que determinan sus principales características climáticas. La temperatura media anual es de 21° C, (tabla 1) con una amplitud térmica anual de 6° C. Las temperaturas más elevadas se registran en septiembre (24,3° C) y las más bajas en enero y febrero (18,4° C). Las precipitaciones apenas alcanzan 112 mm de media anual y suelen producirse en pocos días al año (22 días, en promedio). La humedad relativa media anual del aire es del 73%.

Figura 1
CROQUIS CON LA LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Se trata de una ciudad bien aireada aunque el porcentaje de días de calma al año no es nada despreciable (22% promedio anual) (tabla 2). Los vientos dominantes son del primer cuadrante (los alisios) con una frecuencia del 51% seguido de los del cuarto cuadrante, con el 18 % de la misma. El mes más ventoso es julio (sólo 8% de calmas) y el que menos octubre, con el 36% de sus días en calma.

Tabla 1
VALORES MEDIOS Y ABSOLUTOS DE ALGUNOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS
(PUERTO DE LA LUZ Y DE LAS PALMAS 1961-1990)

Meses	T°C	Pmm	H %	Vientos (% por cuadrantes)				Calmas (%)	Días Despejados
				1º	2º	3º	4º		
Ene.	18,4	15,4	72	39	20	3	10	28	3,1
Feb.	18,4	20,3	73	41	14	3	12	29	2,8
Mar.	18,9	10,8	70	59	5	2	13	21	2,7
Abr.	19,3	6,1	69	54	7	1	19	17	1,4
May	20,3	3,3	71	72	1	0	18	10	1,1
Jun.	21,7	1,0	72	67	2	0	35	10	0,9
Jul.	22,8	0,1	76	60	1	0	32	8	1,5
Ago.	24	0,2	76	60	2	0	26	13	2,1
Sep.	24,3	4,9	76	50	4	0	20	28	2,0
Oct.	23,4	8,6	75	46	8	0	9	36	2,4
Nov.	21,1	20,4	73	42	15	3	8	33	2,4
Dic.	19,5	20,8	72	34	17	6	11	30	3,7
Año	21,0	111,9	73	51	9	1	18	22	26,1

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología (Ministerio de Medio Ambiente).

Tabla 2
INSOLACIÓN MEDIA MENSUAL (TEÓRICA Y REAL) Y SU RELACIÓN PORCENTUAL

Meses	Insolación real (IR)	Insolación teórica (IT)	IR/IT (%)
Enero	154.8	328,6	47,1
Febrero	149.8	316,4	47,3
Marzo	173.3	372,0	46,6
Abril	193.6	384,0	50,4
Mayo	192.0	418,5	45,9
Junio	164.1	417,0	39,3
Julio	144.2	424,7	33,9
Agosto	165.1	406,1	40,6
Septiembre	187.7	366,0	51,3
Octubre	189.4	350,3	54,1
Noviembre	162.1	324,0	50,0
Diciembre	145.8	322,4	45,2
AÑO	2024.0	4.430	46

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología (Ministerio de Medio Ambiente)

El número de días despejados al año es sumamente reducido (26,1 días) lo que representa apenas el 7,1%. Esto último se relaciona directamente con el valor de insolación, pues como promedio anual la ciudad recibe algo menos de la mitad de la radiación que le corresponde por su latitud (radiación teórica) y ello se debe a la interferencia casi constante de la nubosidad. Ese valor experimenta variaciones a lo largo del año siendo mayor esa pérdida efectiva de insolación en verano (julio y junio) y mínima en los meses del otoño (octubre, septiembre y noviembre).

Por otro lado, conviene indicar por su relevancia en la emisión de gases efecto invernadero que el parque de vehículos en 2003 se eleva a 225.720 y que la intensidad media diaria de tráfico en el conjunto de la ciudad es moderada, con casi 15.000 vehículos. Esos valores ocultan los elevados picos de densidad de tráfico que afectan a determinadas vías, entre las que destacamos las que recorren Ciudad Baja por su perímetro costero oriental (la avenida Marítima) y las vías transversales que, aprovechando los cauces de los barrancos, comunican Ciudad Baja con Ciudad Alta.

III. METODOLOGÍA

La información manejada en este trabajo procede de las mediciones termohigrométricas realizadas en la ciudad a lo largo del año 2004. Los datos se tomaron siguiendo dos transectos urbanos, situados en Ciudad Baja y Ciudad Alta, respectivamente. Los puntos de muestreo se seleccionaron atendiendo a la heterogeneidad de morfologías edificatorias, el tipo de uso y los intervalos de intensidad de tráfico registrados, de acuerdo con un mapa de unidades urbanas homogéneas realizado previamente. El recorrido efectuado en Ciudad Baja incluye 20 puntos de muestreo y presenta una longitud de 16,3 Km mientras que el de Ciudad Alta se prolonga a lo largo de 12,8 Km. y consta de 22 puntos de muestreo.

Ambos recorridos se iniciaban, de forma simultánea, a las 22:00 horas. En cada punto se registraban los datos de temperatura y humedad relativa del aire mediante un termohigrómetro digital HI 8564, marca Hanna, con resolución de 0,1°C y 0,1% de temperatura y humedad respectivamente (precisiones de $\pm 0,4^\circ\text{C}$ y $\pm 2,0\%$). El trazado de estos transectos (figura nº 2) impide la localización de puntos de cruce que permitan testear los datos, lo que se intenta paliar con recorridos paralelos de ida y vuelta. Los muestreos tienen carácter quincenal, por lo que disponemos de 24 días de información.

El transecto urbano que discurre por Ciudad Baja trata de adaptarse a la morfología original de la plataforma litoral y a su conjunción con el istmo. Presenta un trazado en forma de ocho que, enfilando un rumbo en dirección sur-norte se desplaza desde el barrio de Vegueta hasta el istmo, en donde se produce un cambio de sentido hacia el suroeste hasta el centro comercial Las Arenas desde el cual vuelve a cambiar de sentido, para retornar al sur, hasta llegar al último punto de muestreo.

Por su parte, el recorrido urbano de Ciudad Alta realiza un trazado sinuoso impuesto por la quebrada topografía de la zona. En los primeros cinco puntos se alternan los situados en lomos y barrancos, en los 7 siguientes se asciende por un lomo hasta alcanzar el punto situado a mayor altitud de los seleccionados (150 metros), los cinco siguientes discurren, en sentido descendente, por la cuenca del barranco de Mata y, por último, los cinco restantes discurren por una amplia rampa sobre la que se asienta el barrio de Schamann.

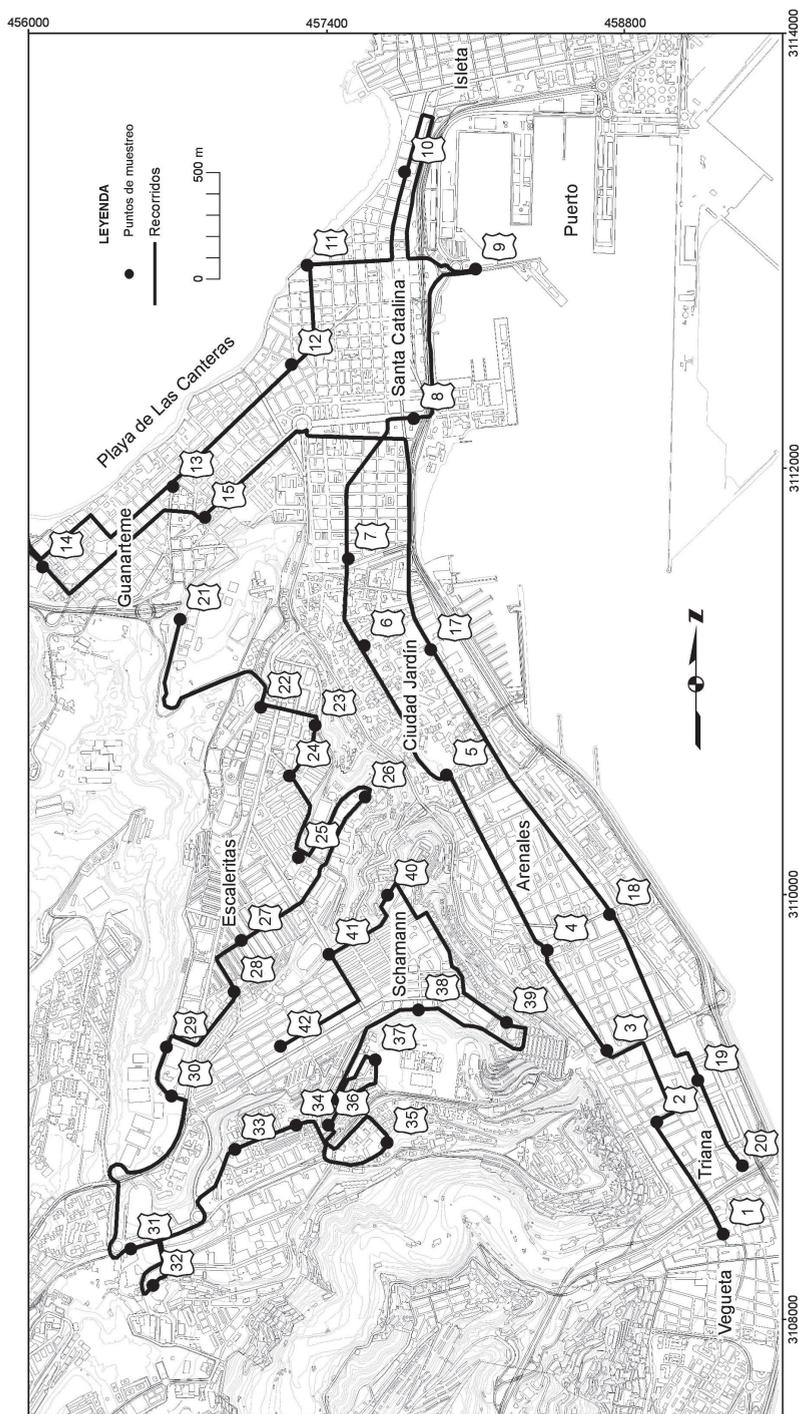


Figura 2
TRANSECTOS URBANOS Y PUNTOS DE MUESTREO

Posteriormente se realizó el tratamiento estadístico de los datos. Con el fin de facilitar la comparación entre los puntos, se procedió a la normalización de los datos (tomando como valor 0 la media de las observaciones y como desviación típica 1). Además, se consultaron los boletines meteorológicos correspondientes a las situaciones meteorológicas de los días de muestreo para conocer su relación con los datos de temperatura y humedad obtenidos en los transectos urbanos. Finalmente se realizó la representación espacial de las temperaturas normalizadas, anuales y estacionales, para lo que se utilizó un SIG ("IDRISI", en su versión 3.2). El método utilizado es el de interpolación de puntos mediante medias móviles espaciales, con ponderación de la distancia (Hernández Calvento *et al*, 2002).

IV. RESULTADOS

4.1. Intensidad y morfología de la isla de calor nocturna

La tabla 3 recoge los valores correspondientes a las temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria en los 24 días de muestreo, lo que permite realizar estimaciones sobre la intensidad de la isla de calor en esas fechas. Globalmente podemos hablar de una isla de calor de carácter moderado (media anual de 3,4° C), con valores ligeramente superiores durante los meses invernales, en los que la amplitud térmica media llega a los 3,8° C. La máxima intensidad absoluta corresponde a diciembre de 2001, con 5,3° C, y la mínima a junio, con tan sólo 2,1° C. El dato máximo se aproxima al obtenido en la ciudad de Zaragoza (Cuadrat *et al*, 1993), la quinta de las más pobladas de España, y, en cambio, es notablemente superior al registrado en la ciudad vecina de Santa Cruz de Tenerife, que es de 3,0° C (Marzol *et al*, 1991; Dorta *et al*, 1992). Además, hay que señalar que el valor máximo obtenido en Las Palmas de Gran Canaria es ligeramente inferior al registrado en otra ciudad litoral, Mataró, con 5,5° C (Pérez y Pérez, 1998). Resulta especialmente llamativo el hecho de que en esa ciudad catalana se registre esa elevada intensidad de la isla de calor y que ocupe el lugar 51 en la escala de ciudades más pobladas de España. Según los datos de enero de 2005, tiene una población de 118.129 habitantes, es decir, apenas representa una tercera parte de la de Las Palmas de Gran Canaria.

En general, las máximas intensidades de la isla de calor suelen coincidir con situaciones anticiclónicas y, en menor medida, con bajas presiones relativas. Además, reducidos registros de la velocidad del viento, o calmas absolutas, y elevados valores de nubosidad suelen acompañar estos valores extremos de la isla de calor. Por el contrario, días también con altas presiones aunque con vientos moderados del nordeste y una elevada insolación coinciden con bajas intensidades de la isla de calor.

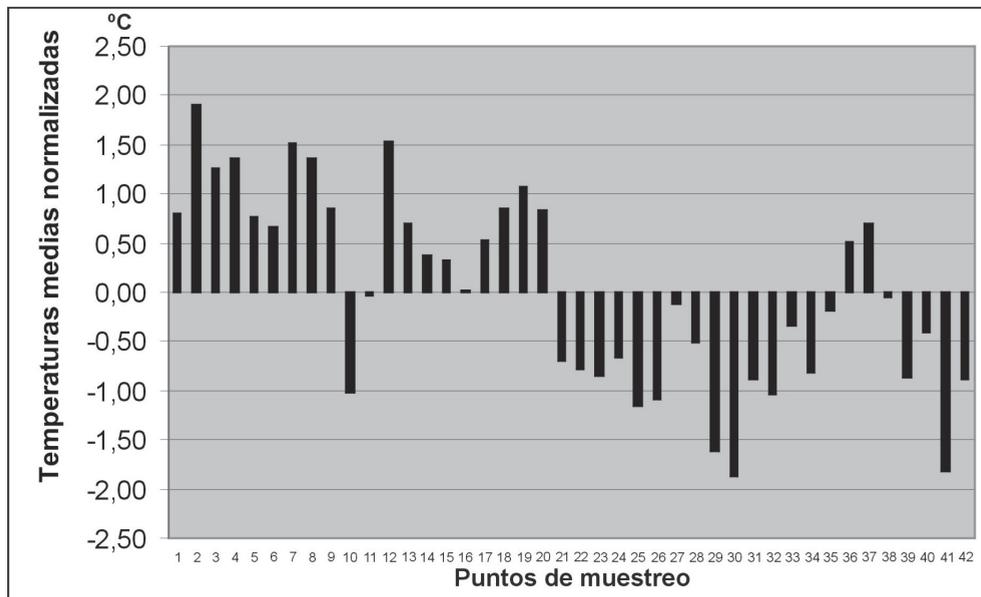
La normalización de los datos medios anuales (figura 3) permite observar claramente las diferencias existentes en el comportamiento térmico de los diferentes sectores de la ciudad. Así, Ciudad Baja (puntos de muestreo del 1 al 20) se comporta siempre como un enclave cálido frente a la mayor frescura de los puntos localizados en Ciudad Alta (del 21 al 42).

Este comportamiento general tiene excepciones. Señalamos entre ellas la del punto 10, correspondiente a la calle Fuerteventura. Localizado en el istmo, junto a la playa de Las Canteras, se comporta como un cañón por el que se canaliza el viento, lo que determina una permanente ventilación del mismo, condicionando la existencia de índices térmicos por

Tabla 3
 INTENSIDAD DE LA ISLA DE CALOR NOCTURNA EN LA CIUDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA EN LOS DÍAS DE MUESTREO

Fecha Medida- Nº muestreo mensual	T °C Máxima	T °C mínima	Amplitud térmica absoluta (° C)	Intensidad Isla de calor
Ene - 01	21,5	18,6	2,9	Media
Ene - 02	22,7	18,0	4,7	Fuerte
Feb - 01	21,3	18,4	2,9	Media
Feb - 02	21,3	18,6	2,7	Media
Mar - 01	22,8	18,6	4,2	Fuerte
Mar - 02	20,6	17,3	3,3	Media
Abr - 01	19,9	17,0	2,9	Media
Abr - 02	22,3	19,0	3,3	Media
May - 01	22,4	19,6	2,8	Media
May - 02	24,0	20,6	3,4	Media
Jun - 01	25,3	21,3	4,0	Media
Jun - 02	25,2	23,1	2,1	Media
Jul - 01	24,4	22,0	2,4	Media
Jul - 02	27,9	24,7	3,2	Media
Ago - 01	28,1	24,5	3,6	Media
Ago - 02	26,9	23,6	3,3	Media
Sep - 01	26,4	22,9	3,5	Media
Sep - 02	25,7	23,5	2,2	Media
Oct - 01	27,1	23,3	3,8	Media
Oct - 02	26,8	24,1	2,7	Media
Nov - 01	26,2	23,3	2,9	Media
Nov - 02	25,8	21,6	4,2	Fuerte
Dic - 01	24,5	19,2	5,3	Fuerte
Dic - 02	20,8	16,6	4,2	Fuerte

Figura 3
TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES NORMALIZADAS



debajo de la media. De igual manera, los puntos 36, 37 y 38, localizados en la cuenca del barranco de Mata, y en su propio cauce, mal aireados y sobre los que discurre una carretera con importante afluencia diaria de vehículos, aparecen como puntos cálidos dentro de la tendencia general observada en Ciudad Alta.

Si consideramos los datos anuales, el índice térmico más elevado de la ciudad coincide con el punto situado en San Bernardo (nº 2), localizado en Ciudad Baja. Se trata de una zona de arraigada tradición comercial que combina su uso residencial con una trama urbana compacta, de edificios de altura media (entre 3 y 5 plantas) e intensidad de tráfico moderada. Por el contrario, el punto más frío se localiza en el parque de los Músicos (punto nº 30), sector bien aireado ubicado en Ciudad Alta, a 150 metros de altitud.

En la figura 4 aparece representada la distribución espacial de las temperaturas urbanas estandarizadas en las diferentes estaciones. La imagen inicial no responde a una única isla de calor, con isotermas concéntricas y temperaturas descendentes desde el interior de la ciudad hacia la periferia. Se constata el contraste existente entre los dos niveles urbanos siendo Ciudad Baja más cálida siempre que Ciudad Alta y esa diferencia es mucho más acusada durante la primavera. En la plataforma litoral se observa a lo largo de las estaciones dos grandes áreas cálidas intercaladas con tres sectores relativamente más frescos. Estas son el sector meridional del istmo de Guanarteme y el sector de Vegueta-Triana-Arenales. Los espacios más frescos se ubican en el área más angosta del istmo, la fachada occidental de la plataforma litoral (Guanarteme-Las Canteras) y Ciudad Jardín. A su vez, sobre los espacios más cálidos anteriormente mencionados aparecen unas burbujas cálidas que cambian de

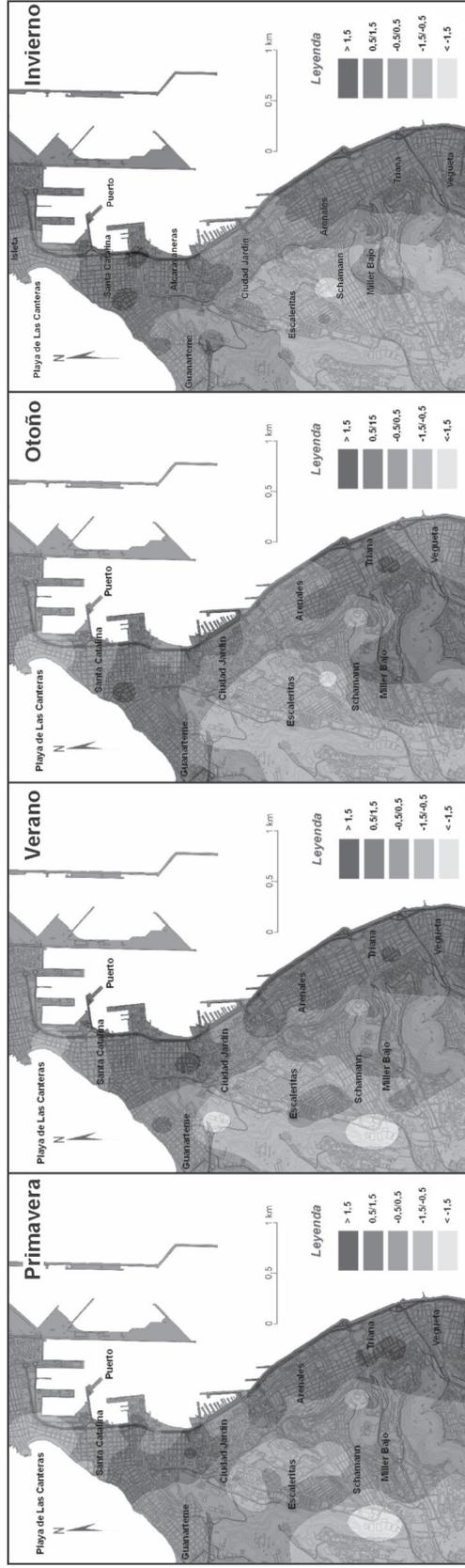


Figura 4
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS TEMPERATURAS ESTANDARIZADAS SEGÚN ESTACIONES

posición en el interior de las mismas conforme se suceden las estaciones. Así por ejemplo, en invierno y otoño, estas se localizan en las inmediaciones del triángulo formado por los barrios de Santa Catalina, Alcaravaneras y norte de Guanartene (puntos de muestreo nº 7, 15 y 12) en la zona norte y aparece en torno a la calle de San Bernardo (punto nº 2), en el barrio de Triana. La zona en la que se localiza la primera burbuja cálida se caracteriza por la edificación continua, la altura de edificios elevada (> 5 plantas), intensidad de tráfico media-alta y uso eminentemente comercial y residencial. Y la segunda burbuja se encuentra en un área de igual dominio de la edificación continua, altura de edificios entre 3 y 5 plantas, calles estrechas e intensidad de tráfico moderada.

En Ciudad Alta el mapa térmico es mucho más complejo de interpretar, como era de esperar, a tenor de su abrupta topografía y de la heterogeneidad de trama urbana y de las tipologías edificatorias. En general se puede señalar que el sector meridional es más cálido que el septentrional y que mientras en invierno y otoño las temperaturas se distribuyen formando anchas bandas con la orientación de los interfluvios y barrancos que los conforman (NE-SO), en las estaciones restantes las isotermas denotan fuertes contrastes en espacios reducidos. Las burbuja frescas en Ciudad Alta cambian de ubicación, pues en invierno y otoño es el Canódromo (punto nº 21) parque urbano situado en el cauce del barraquillo Don Zoilo, en las estaciones restantes se traslada hacia el punto más alto de la zona de estudio, el Parque de Los Músicos (punto nº 10).

Por último, otro hallazgo significativo que ocurre en Ciudad Alta es la localización durante el invierno y el otoño de una especie de lengua cálida en el barranco de Mata que parece prolongar el calor acumulado en Ciudad Baja desde la desembocadura hacia el tramo medio de esa microcuenca.

4.2. Factores condicionantes de las temperaturas urbanas nocturnas

Con el fin de determinar la incidencia de algunos factores ambientales y urbanos en la distribución de las temperaturas en el interior de la ciudad, se han realizado análisis de varianza. Las variables seleccionadas han sido altitud, uso, intensidad de tráfico, altura de las edificaciones y anchura de las calles, aunque sólo algunas de ellas parecen ser significativas. La tabla 4 muestra las relaciones más relevantes.

La altitud es la variable más determinante, produciéndose un claro decremento de las temperaturas conforme se asciende en altura. Las áreas más próximas al litoral, y hasta los 15 m, muestran temperaturas por encima de la media, que se van reduciendo en altitudes superiores, hasta situarse por debajo de ella en los puntos ubicados a más de 100 m. La distinción de un mayor número de intervalos altitudinales permite apreciar esta misma relación significativa, aunque se produce una diferencia importante que es la aparición de un segundo grupo de altitud, ligeramente alejado de la influencia de las brisas marinas, que tiende a presentar temperaturas más elevadas que las áreas en contacto directo con el litoral, hecho ya observado por Dorta *et al* (1990) en Santa Cruz de Tenerife.

Por lo que respecta a los usos del suelo, las temperaturas más elevadas coinciden con áreas comerciales y de gran afluencia diaria de visitantes. Tanto las áreas residenciales como las industriales presentan temperaturas por debajo de la media, con valores bastante inferiores en el caso de las áreas industriales. Éstas se caracterizan, a grandes rasgos, por grandes

Tabla 4
ANÁLISIS DE VARIANZA ENTRE VARIABLES AMBIENTALES Y TEMPERATURAS URBANAS A LAS 22:00 HORAS

VARIABLES	Nº de casos	Media	Desviación típica	F	Significación
<i>Altitud (m)</i>					
< 15	16	0,7436	0,7080	19,97	0,000
15-100	12	0,0792	0,8559		
> 100	14	-0,9022	0,5727		
<i>Uso del suelo</i>					
Residencial	20	-0,2736	0,8231	5,094	0,005
Comercial	8	0,8911	0,8721		
Espacios libres	12	0,1020	0,9667		
Industrial	2	-1,331	0,4059		
<i>Intensidad del tráfico</i>					
Baja	8	-0,3778	0,7650	5,644	0,007
Media	31	0,2420	0,9379		
Alta	3	-1,4210	0,5724		

naves dedicadas principalmente a talleres de vehículos, almacenaje, alimentación y carpintería. La localización de estas naves a mayor altitud, en lomos bien aireados y alejados de las principales aglomeraciones comerciales, explica este hecho diferencial respecto de buena parte de las ciudades españolas. Finalmente, los espacios libres, básicamente pequeños parques y jardines, no parecen poseer, en general, un poder refrescante de las temperaturas, pues sus valores se sitúan muy próximos a los medios. Sin embargo, no es ese el caso de los espacios dotados de amplias zonas ajardinadas, como sucede en el parque Doramas o en otros parques más amplios situados en Ciudad Alta. También conviene añadir a los espacios de frescor urbanos, todos los puntos situados en las proximidades de la playa de Las Canteras, pues se localizan en torno a pequeños pasillos entre edificaciones en las que predominan las 4-6 plantas de altura que aceleran las brisas y refrescan las temperaturas.

Finalmente, la distribución de las temperaturas también muestra relaciones significativas con la intensidad del tráfico. Las zonas con menor tránsito diario de vehículos poseen temperaturas por debajo de los valores medios anuales, mientras que las que registran intensidades de tráfico media se observan temperaturas más altas. Sin embargo, y en contra de lo que cabría esperar, las mayores densidades de tráfico rodado coinciden con las temperaturas más bajas de los recorridos. Ello obedece a la propia configuración de estas áreas pues se trata de amplias avenidas en la misma costa o cercanas a ella (por ejemplo, la avenida Marítima o el paseo de las Canteras) y amplias vías construidas en los antiguos cauces de la ciudad que han servido para conectar la Ciudad Baja con la Ciudad Alta (por ejemplo, las avenidas Juan XXIII y Escaleritas).

4.3. La humedad atmosférica

La tabla 5 recoge los datos medios anuales y estacionales de la humedad relativa del aire correspondiente a Ciudad Baja. No obstante hay que señalar que debido a las deficiencias operativas detectadas en el sensor utilizado en Ciudad Alta, sólo se han podido establecer con ciertas garantías las características generales de esta variable en los sectores situados a menor altitud en Las Palmas de Gran Canaria.

Tabla 5.
HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%) EN CIUDAD BAJA

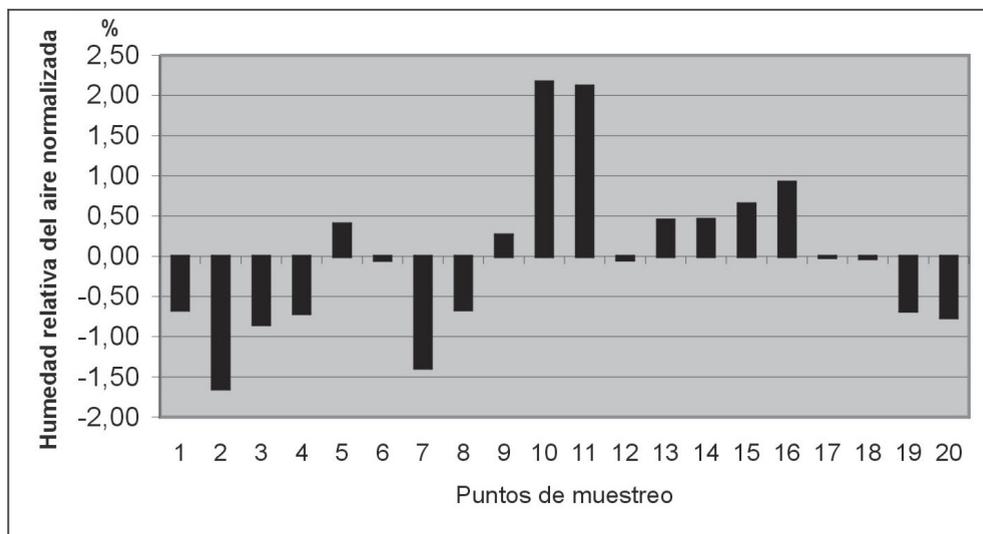
	Horario			
	8,00	15,00	22,00	Media diaria
Invierno	59,5	58,5	61,8	59,9
Primavera	60,0	51,8	61,0	57,6
Verano	64,2	59,3	68,5	64,0
Otoño	67,8	60,2	70,7	66,2
Año	62,9	57,5	65,5	62,0

Así pues, en Ciudad Baja, entre 0 y 15 metros de altitud, la humedad media anual es del 62%, valor inferior al registrado en la estación meteorológica del Puerto de la Luz y de Las Palmas (73%), gestionada por el INM. Ello es debido a la localización de este observatorio, a escasos metros de distancia del mar, en el muelle Reina Sofía y en una zona de abrigo frente a los vientos dominantes del primer cuadrante. Al igual que sucede en esta estación meteorológica, los valores más altos corresponden al otoño y al verano, mientras que los más bajas a la primavera. No obstante, las diferencias observadas a lo largo del año no son muy acusadas y apenas suponen variaciones del 8%.

Por lo que respecta a su evolución diaria, la humedad relativa alcanza su mínimo valor por la tarde y tiende a incrementarse durante la noche. Los mayores registros coinciden con los muestreos realizados a las 22:00 horas, si bien sólo existen ligeras diferencias con los valores encontrados a primera hora de la mañana. En ambientes climáticos similares, Marzol *et al* (1992) han observado un máximo de humedad entre las 6:00 y las 8:00 horas.

Finalmente, y por lo que se refiere a la distribución espacial de estos valores, es interesante destacar la importancia de la proximidad al litoral. La figura 5 muestra la normalización de los datos anuales de humedad. La mayor humedad se registra en el segundo tramo del recorrido, en clara correspondencia con los puntos más cercanos al mar, los puntos 10 y 11 (calle Fuerteventura y playa de Las Canteras). Por su parte, tanto el primer sector del recorrido como los últimos puntos del muestreo, que discurren todos ellos por áreas interiores, presentan humedades atmosféricas por debajo de la media, siendo una excepción el ligero repunte del valor que se registra en el parque Doramas, zona verde del interior urbano, cuyo muestreo ha coincidido en varias ocasiones con la existencia de riegos nocturnos además de la presencia de una fuente y lago de considerables dimensiones próximos al punto de

Figura 5
 HUMEDAD MEDIA ANUAL NORMALIZADA EN CIUDAD BAJA



muestreo (nº 5). Las áreas más secas coinciden con los puntos más cálidos (San Bernardo y Estadio Insular), esto es, los puntos de muestreo números 2 y 7.

V. CONCLUSIONES

Las observaciones realizadas a lo largo de un año, a partir de transectos urbanos, ponen de manifiesto la existencia de importantes contrastes de temperaturas y humedad en la ciudad. Los sectores urbanos desarrollados sobre la antigua plataforma de abrasión marina (Ciudad Baja) poseen, en general, temperaturas superiores a los ubicados en Ciudad Alta. También en Ciudad Baja se localizan las burbujas de aire cálido que permiten hablar de la existencia de una isla de calor nocturna de carácter bifocal. Su intensidad llega a 3,4°C de media, y es máxima (5,3°C) en los meses de invierno, coincidiendo con situaciones anticiclónicas y vientos en calma. En este caso no se cumplen dos de las generalizaciones expuestas por Oke (1982) sobre la isla de calor en trabajos empíricos realizados de las dos últimas décadas (tomada de Arnfield, 2003), la que dice que la intensidad de la isla de calor decrece con el incremento de la nubosidad y que esta se desarrolla mejor en verano o en momentos calurosos del año.

Estos datos, junto al análisis estadístico realizado, nos permiten sugerir que la distribución espacial de las temperaturas urbanas responde a un doble criterio. A grandes rasgos, la altitud, junto con las variaciones topográficas que implica en este caso la existencia de lomos y barrancos más o menos bien aireados, son dos de los factores responsables de la distribución espacial de las temperaturas. Ello explica que Ciudad Alta se comporte como un sector fresco frente a la localización de los núcleos más cálidos en Ciudad Baja. Sin embargo, un análisis más detallado permite afirmar que el control principal de esta distribución es ejer-

cido, básicamente, por la trama urbana, los usos del suelo y la intensidad del tráfico, motivo por el que, en Ciudad Baja, los puntos más cálidos coinciden con áreas totalmente edificadas, con escasos espacios verdes, presencia de actividades comerciales, muy frecuentadas, y con una elevada densidad de tráfico.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, M.S., LABAJO, J.L. & FIDALGO, M.R. (2003): «Characteristics of the urban heat island in the city of Salamanca, Spain». *Atmosfera*, nº 16 (3), 137-148.
- ALVAREZ PEDRERO, R. E. (1998): «La isla de calor en Valladolid» en *Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas* (Fernández, F., Galán E. y Cañada R., coords.). Editorial Parteluz, 231-239.
- BRUNET, M. (1992): «La magnitud y fluctuaciones de la isla de calor en Tarragona». *Tarraco*, nº 7, 19-29.
- CUADRAT, J.M., DE LA RIVA, J., LÓPEZ, F. y MARTÍ, A. (1993): «El medio ambiente urbano en Zaragoza. Observaciones sobre la isla de calor». *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, nº 13, 127-138.
- DORTA, P., MARZOL, M.V. y RODRÍGUEZ, J. (1990): «Estudio del clima urbano en una ciudad litoral. El caso de Santa Cruz de Tenerife (Islas Canarias)». *Trobadas Científicas a la Mediterrania: Energía, Medi Ambient y Edificacio*, Inst. d' Est. Catalans.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F., LÓPEZ GÓMEZ, A. y ARROYO, F. (1994): «Frecuencia e intensidad de la isla de calor en Madrid». *Aportaciones en Homenaje al profesor Luis Miguel Albentosa*, Tarragona, 91-101.
- GARCÍA CODRÓN, J.C. (1990): «Los climas urbanos y las ciudades cantábricas. Papel de los factores locales», en *Cambio climático y Medio Ambiente*, XX Jornadas de la Asociación de Meteorología Española, San Sebastián, 53-79.
- GARCÍA-RUIZ, J. M., ORTIGOSA, L., ARNÁEZ, J. y GÓMEZ, A. (1989): «Organización espacial de las temperaturas en la ciudad de Logroño». *Cuadernos de Investigación Geográfica*, nº 15 (1-2), 87-98.
- HERNÁNDEZ, L., MÁYER, P. y ROMERO, L. (2002): «Elaboración de un Modelo Digital de Precipitación para la isla de Gran Canaria. Un ejemplo en la cuenca del Barranco Guinguada». *Vegueta*, nº 6, 201-215.
- HERNÁNDEZ, A., MÁRQUEZ, J.A., RIVERO, A. y ROMERO, L. (2001): «La isla de calor en Las Palmas de Gran Canaria: magnitud, distribución espacial y morfología urbana» en *El tiempo del clima*, (Pérez-Cueva, A., López Baeza, E. y Tamayo Carmona, J. coords.), Valencia, Edit. Garmas, 519-530.
- LÓPEZ GÓMEZ, A., LÓPEZ GÓMEZ, J., FERNÁNDEZ, F. y ARROYO, F. (1991): *El clima urbano de Madrid: la isla de calor*. Madrid. Instituto de Economía y Geografía Aplicadas (CSIC).
- LÓPEZ GÓMEZ, A., LÓPEZ GÓMEZ, J., FERNÁNDEZ, F. y MORENO JIMÉNEZ, A. (1993): *El clima urbano. Teledetección de la isla de calor en Madrid*. Madrid. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 157 p.
- LÓPEZ MARTÍN, F. (2002): *El clima en el medio ambiente urbano de Zaragoza*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.

- MARTÍ EZPELETA, A. y MIRAGAYA VERAS, A. (1998): «Geometría urbana, temperaturas e isla de calor en Santiago de Compostela» en *Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas*, (Fernández, F., Galán E. y Cañada R., coords.). Edit. Parteluz, 207-218.
- MARTÍN VIDE, J. y MORENO, M.C. (1992): «Avance de resultados sobre la isla de calor de Barcelona y de otras ciudades catalanas». VI Trobades científiques de la Mediterrania. Energia, Medi Ambient y Edificació, Generalitat de Catalunya, 55-68.
- MARZOL, M.V., DORTA, P. y RODRÍGUEZ, J. (1992): «Variations temporelles et particularités de la temperatura horaire dans la ville de Santa Cruz de Tenerife (Iles Canaries)». *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Fribourg, vol. IV, 43-54.
- MORENO GARCÍA, M.C. (1993): *Estudio del clima urbano de Barcelona: la "isla de calor"*. Barcelona. Oikos-Tau.
- MORENO GARCÍA, M.C. (1998): «Las investigaciones sobre el clima urbano de las ciudades españolas», en *Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas*, (Fernández, F., Galán E. y Cañada R., coords.). Edit. Parteluz, 177-196.
- ORTIGOSA IZQUIERDO, L., SOBRÓN GARCÍA, I. y GÓMEZ VILLAR, A. (1998): «El microclima urbano de Logroño en invierno: un método espacial de comportamiento higrotérmico». *Cuadernos de Investigación Geográfica*, nº XXIV, 89-106.
- ROMERO MARTÍN, L.; MÁYER SUÁREZ, P.; HERNÁNDEZ CORDERO, A.; RUIZ FLAÑO, P. y MÁRQUEZ PÉREZ, J.A. (2007): «El comportamiento térmico de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria: la isla de calor nocturna». *Vegueta*, nº 8 (en prensa).
- SOLER TEMPRANO, X. (1998): «Avance sobre la isla de calor en Girona», en *Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas*, (Fernández, F., Galán E. y Cañada R., coords.). Edit. Parteluz, 281-291.

