

BERCEO	141	163-182	Logroño	2001
--------	-----	---------	---------	------

MICROCLIMA HIGROTÉRMICO INVERNAL DE LOGROÑO. APORTACIÓN AL ANÁLISIS DEL CONFORT URBANO

Luis Ortigosa Izquierdo*
Ignacio Sobrón García**
Amelia Gómez Villar***

RESUMEN

En este artículo se revisa el efecto microclimático de la ciudad de Logroño y sus alrededores (La Rioja, España). A partir de los datos térmicos e higrométricos obtenidos mediante trazados urbanos (enero-febrero de 1996), se analiza la información mediante “normalización” de las muestras y tratamiento SIG. Se evalúa un modesto efecto general de la “isla de calor” (1-3 C), que varía en función del ritmo horario, los tipos de tiempo y los espacios urbanos. Asimismo, la humedad relativa oscila considerablemente, especialmente por la incidencia del río Ebro. La temperatura y la humedad condicionan el confort climático que se observa en la ciudad y su entorno.

Palabras clave: Microclima urbano, “isla de calor”, SIG, confort climático

In this article one reviews the microclimatic effect of the city of Logroño and its environs (La Rioja, Spain). From obtained the thermal and hygrometric data by means of urban layouts (January-February of 1996), the information is dealt with by means of statistical standardization the samples and techniques SIG. A modest general effect heat island is evaluated (1-3 C), that varies based on the hour rate, the urban types of time and urban spaces. Also, the relative humidity oscillates considerably, specially by the incidence of the Ebro river. The temperature and the humidity condition the climatic comfort that is observed in the city and its surroundings.

Keywords: Urban microclimate, “heat island”, GIS, climatic comfort

* Universidad de La Rioja. Geografía Física. Luis de Ulloa, s/n. 26004- Logroño.

** Consejería de Educación. Gobierno de La Rioja.

*** Departamento de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de León. 24071- León.

0. INTRODUCCIÓN

El comportamiento climático de las urbes con respecto a su entorno crea unas condiciones específicas que definen a estos espacios como “islas de calor”, generadas entre múltiples razones por la baja conductividad de las superficies, el consumo y las pérdidas energéticas urbanas (Lowry, 1975). Desde hace algunos años han proliferado los estudios referentes a las grandes ciudades españolas, como es el caso de Madrid (López Gómez, 1988, 1993), Barcelona (Martín Vide, 1987; Carreras *et al*, 1990, Moreno García, 1993) ó Zaragoza (Cuadrat *et al*, 1993a; López Martín, 1995; De la Riva *et al*, 1997). Diversos estudios han mostrado que la distribución microclimática de las ciudades no es tan simple como los modelos gravitacionales (distribución concéntrica). Los elementos climáticos más bien presentan una organización espacial oscilante, dependiente de factores tales como la estructura urbana (Bello, 1994), la distribución de las zonas verdes (Almendros, 1992), las concentraciones industriales y residenciales a nivel de detalle. A escala temporal, el microclima urbano también está en relación con la estacionalidad (Fernández García, 1990) e, incluso, con los distintos ritmos diarios (San Pedro, 1994). Para las ciudades de tamaño medio -como es Logroño-, los estudios microclimáticos han constatado efectos intraurbanos diferenciales, aunque de menor alcance e intensidad que en ciudades de mayor tamaño. En este sentido, se pueden consultar los trabajos sobre Teruel (Cuadrat *et al*, 1993b), Tarragona (Brunet, 1992) y San Sebastián (Goikoetxea, 1991).

Son ya muchas la ciudades españolas que cuentan con estudios microclimáticos (Moreno García, 1998), centrados en diversos aspectos meteorológicos y basados en diferentes metodologías, incluida la teledetección multispectral a gran escala (López Gómez *et al*, 1995). Una buena muestra del estado de los conocimientos actuales puede encontrarse en la obra recopilatoria de Fernández García, Galán y Cañada (1998).

Logroño no es una excepción, conociéndose el efecto microtérmico y su modelo de distribución multinúcleo (García Ruíz *et al*, 1989, Ortigosa *et al*, 1998). En el marco de la misma línea de investigación, basada en la toma de datos muestrales siguiendo en automóvil unos trayectos urbanos especialmente diseñados (véase también López Gómez, 1988), se aportan en este trabajo nuevos datos y análisis acerca del microclima térmico e higrométrico de la ciudad de Logroño y su entorno inmediato. Se incide, sobre todo, en la plasmación cartográfica de la diferenciación térmica urbana y en el análisis del confort microclimático de la ciudad y sus alrededores.

1. ÁREA DE ESTUDIO: LOGROÑO Y SU PERIURBANO MÁS PRÓXIMO

El estudio se centra en el casco urbano de Logroño y sus inmediaciones periurbanas. La ciudad de Logroño (latitud: 42º 28' N; Longitud: 2º 27' W) se sitúa a orillas del río Ebro, a una altitud de 384 m.s.n.m., extendiéndose por la margen derecha del río, en un espacio llano de terrazas fluviales del Ebro y su afluente el Iregua. Bordeando la depresión topográfica que constituyen las terrazas fluviales aparecen un conjunto de bajas colinas (Cantabria, La Rasa, Pico del Aguila) que la protegen de los vientos. Los márgenes de éstas constituyen laderas abruptas o escarpadas, mientras que sus cumbres son planas o de suave desnivel (enrasadas entre los 550-650 m. de altitud) (Fig. 1). Geomorfológicamente, estas formaciones responden a niveles de glaciares (Gonzalo Moreno, 1981).

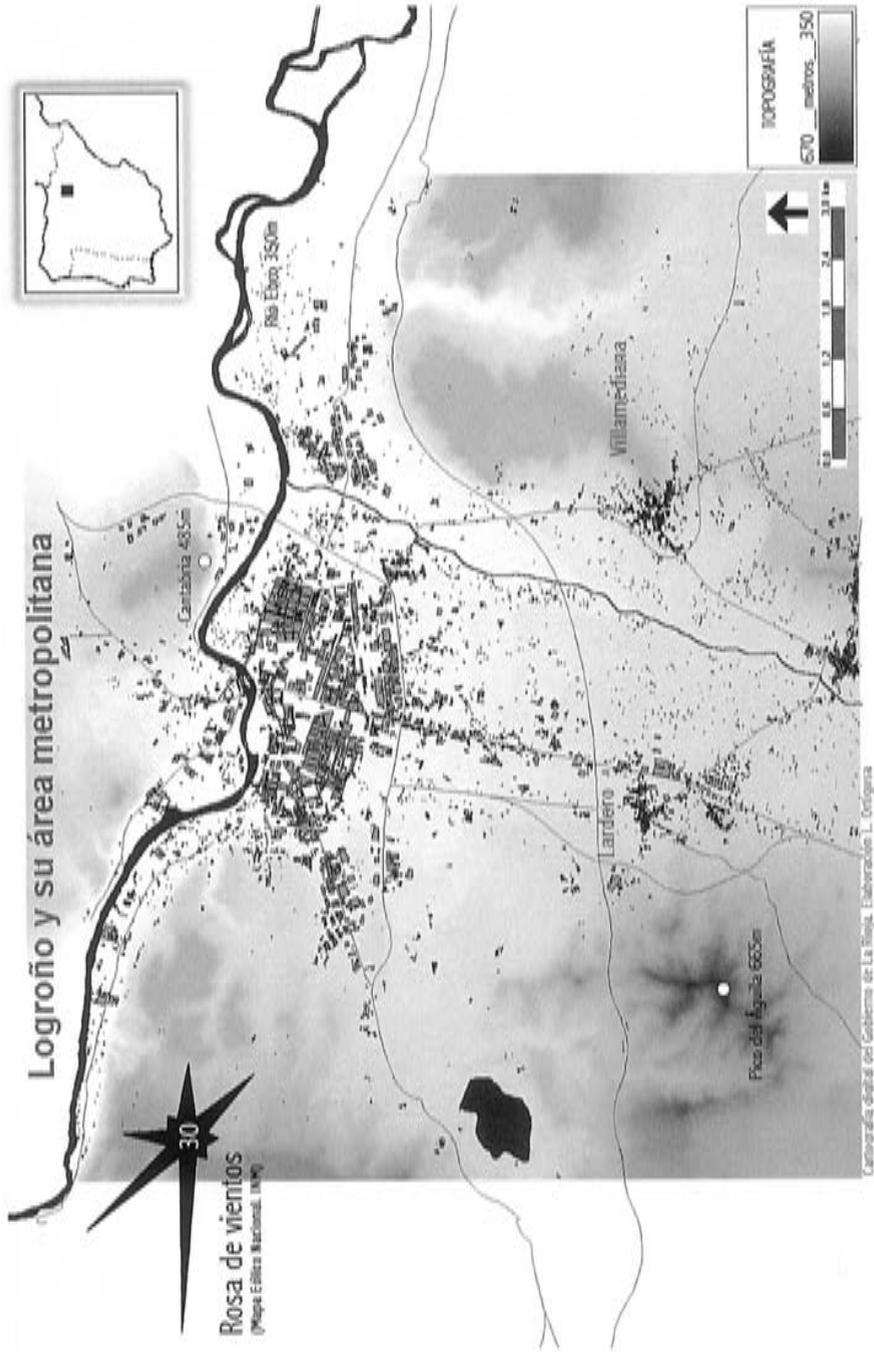


Figura 1. El entorno medioambiental y la urbanización metropolitana de la ciudad de Logroño (La Rioja, España).

El crecimiento urbano reciente ha seguido un modelo semiconcéntrico en forma de Y, situándose el núcleo histórico de la ciudad en el vértice central (Fig. 2). La ciudad se ha extendido fundamentalmente siguiendo el curso de un amplio meandro del Ebro (eje W-E), ocupando las llanuras agrícolas de su margen derecha (S) y marginando el escaso espacio útil de su margen izquierda (N), que hoy tiene parcialmente un uso industrial. Logroño tenía censados 125.617 habitantes de derecho en 1998, concentrados mayormente en un casco urbano relativamente bien definido por las edificaciones en altura, sobre una superficie aproximada a 750 ha. No obstante, conviene señalar que el número de residentes de Logroño es algo superior a la población empadronada (personas censadas en núcleos rurales), por lo que el censo no refleja fielmente el desarrollo urbanístico de la ciudad en las últimas décadas. Del núcleo urbano surgen cinco carreteras, que han constituido y constituyen áreas de expansión urbana (polígonos industriales, zonas residenciales, complejos recreativos) hasta constituir un cinturón periurbano; la ciudad ha incorporado progresivamente los barrios colaterales de Varea y La Estrella y se aproxima a los municipios de Villamediana y Lardero, que prácticamente forman parte de la trama urbana de Logroño. Así, la ciudad y sus inmediaciones constituyen un espacio urbano-rururbano a la escala de unas pocas decenas de kilómetros cuadrados.



Figura 2. La expansión reciente de la ciudad de Logroño (Sensor prancromático del satélite SPOT, 1994).

El clima de la ciudad, como el de otras muchas ciudades del interior peninsular, es de tipo *mediterráneo con matices continentales* (veáse, por ejemplo, Sánchez Gabriel, 1979; Nuñez Olivera y Martínez Abaigar, 1991). En la estación de Logroño “Observatorio” (hoy en desuso), se registraban unas precipitaciones medias de 441 mm anuales y una temperatura media de 13,2 °C, siguiendo un régimen estacional mediterráneo (Fortaleza del Rey, 1981). Los vientos dominantes son de componente O y NW, con un 30% de días de calma. El primer estudio microtérnico de la ciudad fue realizado por García-Ruiz *et al.*, (1989), revelando la existencia de un contraste térmico entre el exterior y el interior de la ciudad con un efecto de “isla de calor” en cualquier estación y tipo de tiempo, aunque siempre con variaciones muy discretas, nunca con diferencias superiores a 3 °C entre el centro y la periferia. Aquel estudio puso de manifiesto que el calentamiento urbano es distinto en invierno y verano. Durante la época fría el efecto calórico de la urbe es menos apreciable y el pico de calor más corto. En dicha estación la diferenciación térmica se genera sobre todo por el consumo energético urbano. Durante la estación cálida, el fuerte efecto de irradiación de las superficies urbanas acentúa el pico de calor de la ciudad, de modo que al anochecer se registran los mayores contrastes entre el casco urbano y su entorno.

2. MÉTODOS

Durante el invierno de 1996 se tomaron datos higrotérmicos en diferentes días y horas, utilizando el método de los transectos o recorridos urbanos. Se realizaron 3 trazados diferentes: un circuito urbano con vehículo, el centro de la ciudad (espacios verdes / casco antiguo peatonal) y periferia urbana. Se completaron 21 días de muestreo, con información tomada a diferentes horas: 7-8 h. de la mañana, 2-3 h. de la tarde y 10-11 h. de la noche. El método de medición higrotérmica se basó en anotar la temperatura, la humedad relativa y la temperatura de rocío en 83 puntos, distribuidos por los tres sectores señalados anteriormente (ciudad, centro y periferia) (Figura 3), seleccionados según los siguientes criterios: (a) inclusión de la diversidad urbana (grandes vías, calles secundarias, parques, casco antiguo, ...), (b) dispersión en relación a la centralidad, (c) encadenamiento de los puntos de muestreo para realizar rápidos trazados, de modo que cada muestreo pudiera realizarse en una 1 hora como máximo, y (d) repetición de puntos de control, para la posterior homogeneización estadística.

En la tabla 1 se incluye la relación completa de los 83 puntos considerados y, como ejemplo, los resultados obtenidos en una determinada fecha y hora. La medición en cada punto seleccionado se realizó con un higrotermómetro digital de precisión (errores relativos de 0.1 °C y 1% en la escala de humedad), asegurándonos de medir los parámetros de temperatura, humedad relativa y punto de rocío a una altura del suelo de 1.5 m (estándar meteorológico) y tratando cuidadosamente de no aproximarnos a las paredes de edificios. Esta técnica aporta una gran fiabilidad en las mediciones parciales, pero introduce un notable problema metodológico, ante la imposibilidad de tomar todas las medidas a la vez y con el mismo instrumental. Por ello, también se seleccionaron varios puntos de control comunes para los diferentes trazados muestrales (Puente de Hierro y cruce Sagasta/Bretón) que permiten corregir parcialmente dicho problema. Gracias a los puntos de control hemos comprobado que a lo largo de los 60 minutos de cada muestreo se dan ciertas diferencias térmicas para un mismo punto de la ciudad, cuyo máximo observado ha llegado a ser de 0.5°C.

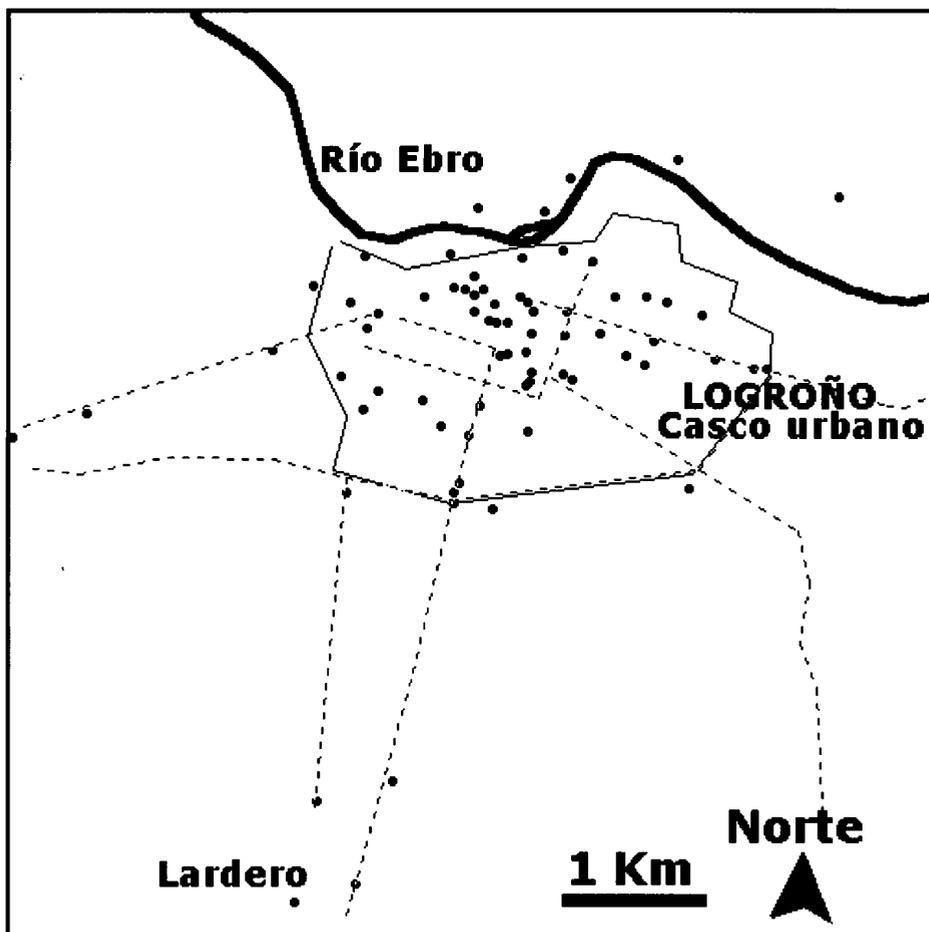


Figura 3. Puntos seleccionados en los trayectos muestrales de temperaturas y humedad relativa.

Posteriormente, los datos obtenidos en todos los muestreos se informatizaron, con la finalidad de obtener síntesis cartográficas y estadísticas (medias, amplitud e índices de dispersión). Sin embargo, es importante señalar que la información cuantitativa más relevante se deduce de una homogeneización estadística de los datos muestrales, ya que -como se ha apuntado anteriormente- la variabilidad en cada muestreo -diferentes días y horas- exige una corrección de las mediciones brutas. Para este estudio, se empleó la técnica de manejar los valores estandarizados o normalizados (media de la serie 0 y desviación estándar de 1). Este método estadístico, de validez ampliamente probada (Spiegel, 1970; SPSS, 1990), ofrece la posibilidad de reunir y comparar todos los datos muestrales a nivel de valores relativos y establecer las diferencias parametrales acerca de la isla de calor urbana. Así se aporta un modelo espacial de la variabilidad térmica de caracter adimensional, resultado de extrapolaciones espaciales de los valores estandarizados, realizado a partir de un SIG (Eastman, 1995).

Tabla 1. Ejemplos de comportamiento higrotérmico invernall en los tres trazados muestrales

CIUDAD	31/1/96		
	Hora Local 8-9 mañana		
PUNTOS DE MUESTREO	Temp. T °C	Humd. Rel. %	Rocío T °C
Jorge Vigón 46	8.2	94.7	7.4
Hospital S. Millán	8.2	94.7	7.4
Avda. Paz (Garaje)	8.2	95.4	7.5
Seminario	8.1	95.9	7.6
Rotonda (fin Avda. Paz)	7.8	96.7	7.3
S.J. Calasanz/Luis Ullóa	8.3	96.1	7.7
S.J. Calasanz/Cameros	8.2	96.3	7.6
San Millán	8.1	96.0	7.6
S. Ascarza/Escuelas Pías	8.2	95.9	7.6
Plaza de Toros	8.3	95.9	7.7
P. Constitución (Parque Ebro)	8.3	96.3	8.0
Puente de Piedra (m. dercha.)	8.4	95.9	7.7
Puente de Hierro (m. izqda)	8.2	96.0	7.9
Puente Hierro /Sagasta abajo	8.4	94.7	7.6
P.C. Espolón/Sagasta	8.8	92.8	7.8
Rotonda Murrieta	8.7	93.8	7.8
Escuela en Carret. El Cortijo	8.4	95.3	7.8
Poniente /Gonzalo Berceo	8.7	92.9	7.7
Gonzalo Berceo/La Campa	8.8	89.6	8.0
P.C. Gonzalo Berceo/M. Murrieta	8.7	93.0	7.7
Rey Pastor	8.7	93.7	7.8
Rey Pastor/Huesca	8.7	92.8	7.7
Huesca/Chile	9.1	92.1	7.9
Plazuela Acesur/Mújica	8.9	92.4	7.8
Somosierra/Rep. Argentina	8.8	89.5	8.2
Vara de Rey/Somosierra	8.6	94.3	7.6
Rotonda(Periódico La Rioja)	8.4	93.0	7.8
Estación de tren	8.5	95.0	7.6
Jorge Vigón /Marqués Ensenada	8.9	92.8	7.7
P.C. Jorge Vigón/Carmelitas	9.1	91.3	7.8
Comun. Autónoma (Vara de Rey)	8.6	92.8	7.8
Muro Carmen/Muro Cervantes	8.9	94.4	7.8
Avda. Paz (Ayuntamiento Nuevo)	8.9	93.1	8.1
Calvo Sotelo/Avenida Colón	9.1	91.9	7.9
Duquesa Victoria (Polideportivo)	8.9	93.6	8.0
Padre Claret/Nuestra. Sra. Paz	8.5	91.6	8.2

CENTRO		31/1/96		
		Hora Local 11,30 mañana		
PUNTOS DE MUESTREO	Temp.	Humd.	Rocío	
	T °C	Rel. %	T °C	
Parque El Carmen centro	9.9	88.3	8.0	
Parque El Carmen medio	10.2	83.8	7.9	
P. El Carmen/C. Villamediana	10.4	83.8	7.9	
Jorge Vigón/Carmelitas	11.0	82.3	8.2	
Estatua Labrador (Jorge Vigón)	10.2	86.6	8.2	
Dctres Castroviejo/Juan XXIII	10.6	83.5	8.3	
Juan XXIII/Calvo Sotelo	10.4	87.4	8.3	
Comun. Autónoma (Vara de Rey)	10.5	86.5	8.3	
Espolón medio	10.6	86.0	8.3	
Espolón centro	10.4	85.9	8.1	
Sagasta/Bretón de los Herreros	10.2	86.6	8.0	
Fuente Murrieta	10.6	86.6	8.3	
Merced (Biblioteca Pública)	11.1	83.5	8.5	
Marqués S. Nicolás/ Merced	10.7	86.5	8.5	
F. Mrtnez. Zaporta (T. Moderno)	10.8	86.5	8.5	
Portales (centro)	11.0	84.7	8.5	
Puente Hierro (Sagasta abajo)	11.1	83.6	8.5	
Plaza del Mercado	10.8	83.2	8.1	
Calle San Juan (Samaray)	11.1	83.7	8.5	
Muro Carmen/Muro Cervantes	11.7	79.3	8.2	
Glorieta D. Zubía (centro)	11.1	83.8	8.4	
Glorieta D. Zubía /Juan XXIII	10.9	83.4	8.2	

PERIFERIA		8/2/96		
		Hora Local 8 mañana		
PUNTOS DE MUESTREO	Temp.	Humd.	Rocío	
	T °C	Rel. %	T °C	
Vara de Rey (Periódico La Rioja)	6.2	62.4	-0.5	
Madrid (Asepeyo)	6.3	61.8	-0.5	
Rotonda Avda. Madrid/Circunval.	6.0	62.6	-0.5	
Circunvalación (Caramelos El Avión)	6.0	61.2	-0.7	
Circunvalación (Citroen)	6.1	60.8	-0.4	
Rotonda Circunvalación/Avda. La Paz	6.5	61.9	-0.3	
Rotonda Avda. Mendavia (Soto Galo)	6.3	66.2	0.4	
Carret. Mendavia (Monte Cantabria)	6.0	66.4	0.2	
Carret. Mendavia (Pozo Cubillas)	5.8	66.3	0.1	
Puente Piedra (margen izquierda)	6.0	64.8	-0.2	
Puente Hierro (margen izquierda)	6.0	67.2	0.2	

Puente Hierro/Sagasta abajo	6.2	62.2	-0.4
Sagasta/Bretón	6.6	62.0	-0.3
Fuente Murrieta	6.2	62.4	-0.4
Gonzalo Berceo/Marqués Murrieta	6.6	61.9	-0.3
M. Murrieta (Ferrocarril)	6.3	62.8	-0.7
Yagüe	6.0	62.8	-0.6
Yagüe (Ulecia)	5.8	65.6	-0.5
Rotonda Calle Chile	6.3	66.8	-0.5
Rotonda Avda. Salustiano (Circunv.)	4.8	79.8	-0.5
Acceso A-68 (Cárcel)	4.4	82.4	1.7
Lardero (centro pueblo)	5.1	79.5	1.7
Lardero/Carretera Soria	5.0	77.6	1.6
CC.EE.II.	5.2	78.2	1.7
Rotonda Avda. Madrid/Circunval. 2	5.4	78.7	1.8

MUESTREOS TOTALES

CIUDAD
CENTRO
PERIFERIA

n

10
7
4

3. LA DIFERENCIACIÓN TÉRMICA Y EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN

Según las series climáticas de la antigua estación meteorológica del “Observatorio” (Logroño) las temperaturas más frías ocurren en los meses de Enero, Diciembre y Febrero, a los que corresponde un valor térmico medio mensual de 5,1, 6,1 y 6,5 °C, respectivamente. Durante el período de muestreo (enero-febrero de 1996) los tipos de tiempo variaron desde días de frío polar (masas de aire de procedencia ártica) -con temperaturas diurnas en torno a 0°C- hasta días muy soleados (situación anticiclónica) con temperaturas diurnas por encima de los 10 °C, pasando por cortos periodos de borrascas atlánticas (frentes fríos con gran nubosidad y tiempo lluvioso). El valor térmico medio obtenido de los muestreos fue de 6,45 °C, que es un valor muy similar al de los registrados por las series climáticas. Fue, pues, un invierno que podemos calificar como “normal” climáticamente, que incluyó variaciones notorias de unos días a otros (Ortigosa *et al.*, 1998). Así, por ejemplo, el día 2 de Febrero a las 14,30 se observó el mayor contraste térmico: 2,8 °C. Fue un día anticiclónico, con temperatura media de 13.2 °C y humedad relativa media del 53%, que situaba el punto de rocío a poco menos de 4 °C. Más representativo, por su coincidencia con los valores medios muestrales, resulta lo observado el día 16 de ese mismo mes al amanecer; la diferencia térmica entre el punto más cálido del centro urbano y el más frío de la periferia fue tan solo de 1,7 °C, con variaciones en la humedad relativa de un 12% (valores entre 66-78%).

Si consideramos los valores promedios observados en la ciudad (casco urbano isotrópico) la diferencia entre los puntos más cálidos y fríos de la ciudad es de 1,7°C (Tabla 2). No obstante, en la relación de puntos de muestreo de dicha tabla no están incluidos

los del espacio metropolitano (periurbano próximo), que presentan un mayor contraste de temperatura. Lógicamente, las diferencias térmicas aumentan al incrementarse el espacio y la diversidad de los usos del suelo. Así, la mayor amplitud (máxima-mínima para un día y hora cualquiera) en el área de estudio es aproximadamente de 2 °C, valor que disminuye si consideramos subconjuntos espaciales:

- Entre los puntos del núcleo histórico urbano (peatonal): 1,20 °C
- Entre localizaciones del casco urbano 1,70 °C
- En el ámbito urbano y metropolitano 1,95 °C

Las cifras promedio varían significativamente de unos días a otros, como consecuencia de la presión atmosférica dominante, la intensidad del viento (que incide en la transferencia térmica de las capas de aire) y sobre todo de la temperatura dominante, que es –sin duda- el factor más concluyente a este respecto. En la tabla 2 se incluye un índice de desviación, el Coeficiente de Variación de Pearson (%). En algunas muestras, dicho coeficiente es muy bajo (< 5%), lo que indica que los registros térmicos de cada punto de muestreo varían muy poco con respecto a la media de la serie-trayecto en un día y hora determinados; por el contrario, los valores más altos señalan diferencias más acusadas entre los puntos. Las mayores desviaciones estadísticas (15-35%) están siempre en relación con los días más fríos. Este efecto se cumple no sólo en invierno sino también a lo largo del año y a cualquier hora del día (García-Ruiz *et al.*,1989), por la reflexión e irradiación energética de las superficies edificadas (poco absorbentes), que devuelven la energía solar recibida en mayor medida que los suelos y las cubiertas naturales. En la figura 4 se comprueba gráficamente la relación entre la temperatura y los contrastes térmicos.

Tabla 2. Promedios térmicos medios observados en los muestreos del casco urbano de Logroño

CIUDAD (casco urbano)	Máximas	Míminas	Muestras	Media	Normalizado*
Jorge Vigón 46	12,50	2,30	10	6,59	0,14
Hospital S. Millán	12,30	1,40	10	6,34	-0,47
Avda. Paz (Garaje)	12,90	1,60	10	6,50	-0,11
Seminario	12,30	1,40	10	6,26	-0,74
Rotonda (fin Avda. Paz)	12,80	1,20	10	6,03	-1,22
S.J. Calasanz/Luis Ullóa	12,80	1,60	10	6,31	-0,54
S.J. Calasanz/Cameros	13,30	2,30	10	6,56	0,28
San Millán	12,60	1,70	10	6,23	-0,65
S. Ascarza/Escuelas Pías	12,70	2,20	10	6,55	0,17
Plaza de Toros	13,20	2,10	10	6,29	-0,36
P. Constitución (Parque Ebro)	12,70	1,70	10	5,96	-1,01
Puente de Piedra (m. dercha.)	13,00	1,70	10	5,94	-1,08
Puente de Hierro (m. izqda)	13,20	1,30	10	5,91	-1,25
Puente Hierro /Sagasta abajo	13,20	1,70	10	6,13	-0,69
P.C. Espolón/Sagasta	13,90	2,60	10	6,48	0,39

Rotonda Murrieta	12,60	1,70	10	6,19	-0,69
Escuela en Carret. El Cortijo	12,50	1,70	10	6,11	-0,76
Poniente /Gonzalo Berceo	12,70	1,70	10	6,34	-0,22
Gonzalo Berceo/La Campa	13,20	2,60	10	6,45	0,29
P.C. Gonzalo Berceo/M. Murrieta	13,20	2,70	10	6,45	0,17
Rey Pastor	14,60	2,90	10	6,64	0,75
Rey Pastor/Huesca	13,20	2,90	10	6,48	0,13
Huesca/Chile	13,30	2,60	10	6,58	0,34
Plazuela Acesur/Mújica	14,00	2,80	10	6,65	0,68
Somosierra/Rep. Argentina	13,10	2,80	10	6,69	0,59
Vara de Rey/Somosierra	14,00	2,90	10	6,58	0,49
Rotonda(Periódico La Rioja)	14,00	2,20	10	6,26	-0,37
Estación de tren	14,00	1,70	10	6,29	-0,44
Jorge Vigón /Marqués Ensenada	14,00	2,30	10	6,74	0,77
P.C. Jorge Vigón/Carmelitas	15,10	2,90	10	6,88	1,21
Comun. Autónoma (Vara de Rey)	13,50	2,80	10	6,65	0,62
Muro Carmen/Muro Cervantes	13,00	2,20	10	6,74	0,56
Avda. Paz (Ayuntamiento Nuevo)	12,80	2,30	10	6,78	0,60
Calvo Sotelo/Avenida Colón	13,00	2,70	10	6,94	1,10
Duquesa Victoria (Polideportivo)	12,90	2,00	10	6,95	0,94
Padre Claret/Nuestra. Sra. Paz	12,70	1,80	10	6,63	0,16
Media	13,19	2,14	10	6,45	0,00
Desviación estándar	0,64	0,53	0	0,28	0,68
Máxima	15,10	2,90	10	6,95	1,21
Mínima	12,30	1,20	10	5,91	-1,25
Max-min	2,80	1,70	0	1,04	2,46
Coef.Variación	4,88	24,92	0	4,30	-

• Puntuaciones estandarizadas (normalizadas)

Tabla 3. Comportamiento higrométrico medio en los días más fríos (mayor humedad) y en algunos puntos seleccionados

Localizaciones	Humedad relativa	
	Media (%)	Normalizados*
Vara de Rey (Periódico La Rioja)	74.05	-0.69
Madrid (Asepeyo)	73.73	-0.80
Rotonda Avda. Madrid/Circunval.	74.48	-0.49
Circunvalación (Caramelos El Avión)	76.00	0.40
Circunvalación (Citroën)	75.68	0.27
Rotonda Circunvalación/Avda. La Paz	75.05	-0.20
Rotonda Avda. Mendavia (Soto Galo)	76.03	-0.13
Carret. Mendavia (Monte Cantabria)	76.78	0.23
Carret. Mendavia (Pozo Cubillas)	78.30	1.02

Localizaciones	Humedad relativa	
	Media (%)	Normalizados*
Puente Piedra (margen izquierda)	77.00	0.50
Puente Hierro (margen izquierda)	77.08	0.36
Puente Hierro/Sagasta abajo	75.65	0.08
Sagasta/Bretón	73.53	-1.02
Fuente Murrieta	74.75	-0.40
Gonzalo Berceo/Marqués Murrieta	74.33	-0.60
M. Murrieta (Ferrocarril)	74.40	-0.61
Yagüe	75.05	-0.26
Yagüe (Ulecia)	77.05	0.56
Rotonda Calle Chile	74.70	-0.75
Rotonda Avda. Salustiano (Circunv.)	79.43	0.48
Acceso A-68 (Cárcel)	80.68	0.84
Lardero (centro pueblo)	79.28	0.39
Lardero/Carretera Soria	79.08	0.45
CC.EE.II.	79.10	0.37
Rotonda Avda. Madrid/Circunval. 2	78.20	0.02
Promedio	76.37	0.00
Max-min Diferencia	7.15	2.03

• Puntuaciones estandarizadas (normalizadas)

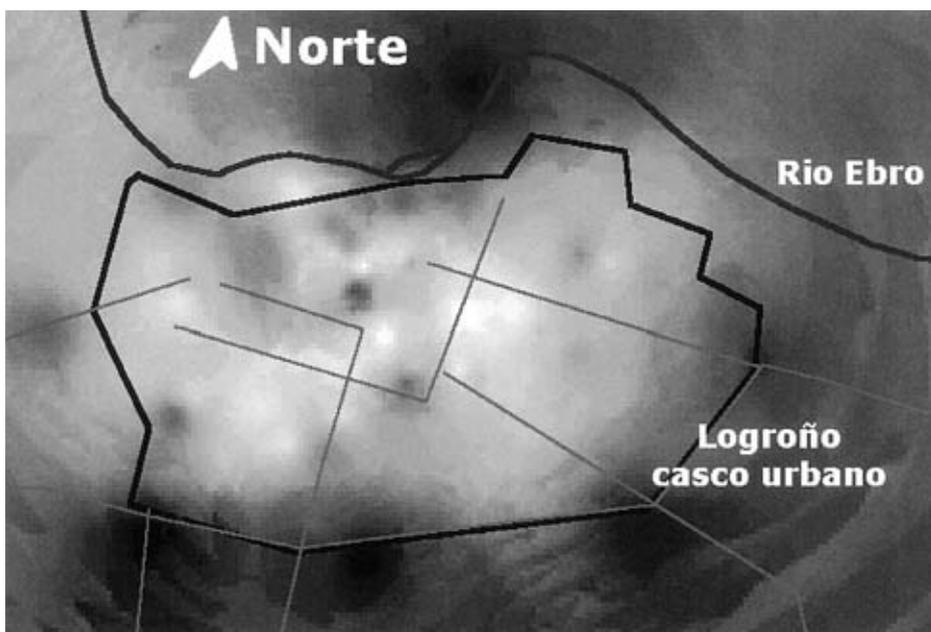


Figura 4. Modelo gráfico de la distribución térmica relativa en la ciudad de Logroño.

Aunque las diferencias térmicas centro-ciudad-entorno son difíciles de precisar porque dependen en gran parte de los tipos de tiempo, sí que se pueden interpretar las pautas del comportamiento térmico a partir de los datos medios. En la tabla 2 se analizan las diferencias térmicas del área de estudio a partir de una selección de puntos muestrales, fijándonos en índices tales como la media aritmética o los valores normalizados:

- Las zonas más cálidas de la ciudad se localizan en el “centro” urbano (CBD), coincidiendo con el casco antiguo -de estructura muy cerrada- y los cruces viales de las grandes avenidas, muy concurridas por transeúntes, vehículos y comercios. Es importante señalar que el núcleo del casco antiguo, con ser una zona con promedios térmicos superiores a la media (cercanía al centro y gran densidad residencial), no es el área más cálida de la ciudad, que coincide con vías de fuerte aglomeración de tráfico y personas, como ocurre con Sagasta/Bretón, Calvo Sotelo/Jorge Vigón y Gran Vía/Jorge Vigón, donde las temperaturas son 1,5-3°C superiores a las de los espacios más alejados de las zonas rururbanas.
- La banda que rodea al centro urbano –la “ciudad media isotrópica”, caracterizada por edificaciones en altura–, presenta moderadas diferencias térmicas con respecto al núcleo cálido de la ciudad (0.5°C como máximo, por término medio), sin que se establezcan diferencias dentro de este sector en función de la distancia al centro. Más tarde se verá que la distribución térmica es multinúcleo, sin una relación directa de la temperatura con la distancia al centro urbano.
- La periferia urbana, considerada en este estudio como el espacio colindante a pocos kilómetros de la “ciudad media”, está representada por las carreteras de salida y las zonas residenciales e industriales adyacentes. Presenta un comportamiento muy claro: el descenso térmico se aprecia repentinamente en el borde del casco urbano y se mantiene con muy pocas variaciones en todo el periurbano, sin que la distancia a la ciudad sea un factor muy influyente. Desde las rotondas que dan acceso a la ciudad por el sur hasta 5 Km más allá (proximidades de Lardero), las temperaturas sólo descienden 0.4-0.5 °C. Ello significa que, al menos para ciudades pequeñas y medias sin importantes aglomeraciones industriales (escasa incidencia energética y contaminante), como es el caso de Logroño, la isla de calor se limita prácticamente al casco urbano de edificios en altura (la ciudad isotrópica). De hecho, se ha comprobado que las zonas residenciales del sur de la ciudad (carretera de Soria), tienen por término medio una temperatura superior como mucho de 0.2 °C con respecto a los espacios agrícolas situados a la misma distancia de la ciudad.

El esquema descrito representa la tendencia más general, puesto que un análisis a escala más detallada pone de manifiesto la influencia de los tipos de usos urbanos del suelo. Estos usos (tipos de superficies, construcciones, trazado, tamaño y orientación de las calles,) crean focos relativos de frío o calor. Con la información tomada se diferencian 4 importantes usos urbanos con efectos térmicos distorsionantes:

1. **Las zonas verdes y los espacios no edificados.** Los parques y las áreas ajardinadas (El Espolón, Parque Gallarza, etc.) constituyen pequeños islotes verdes dentro del mosaico urbano. Por ello, al mismo tiempo que las cubiertas vegetales ejercen una función reguladora, son espacios alejados de los flujos energéticos antrópicos (tránsito, calefacciones, reflectancia de los edificios) y se comportan como zonas

relativamente frías y húmedas. En el caso de Logroño, estos espacios son siempre de reducidas dimensión (2-10 ha) (Muga, 1980), pero aún así se han cuantificado diferencias de al menos 0.2-0.5 °C con respecto a la temperatura en los bordes de los parques de El Espolón, El Carmen y La Glorieta. Los espacios no edificados (grandes aparcamientos y solares) presentan un comportamiento parecido al de los parques, registrando temperaturas ligeramente más bajas que las áreas adyacentes. Así, por ejemplo, el día 9/2/96 a las 8 h. de la mañana, el pequeño aparcamiento de la estación del ferrocarril tenía 0.5 °C menos que la acera contigua.

2. **El casco antiguo.** El núcleo histórico, como el de otras tantas ciudades españolas a partir de los años 80, ha experimentado la restauración de muchos de sus edificios y la readaptación de sus usos. En la actualidad se mantienen edificaciones antiguas pero dominan las calles peatonales y los edificios nuevos o rehabilitados, donde se localizan servicios privados y de las administraciones públicas (museos, policía, sedes administrativas), junto a una ocupación residencial por población joven principalmente. Por ello, una gran parte del casco antiguo cuenta con una vida intensa, que acumula gran número de personas durante el día. Si a ello añadimos el trazado compacto de sus edificaciones y la angostura de sus calles, fácilmente se comprende que es una de las zonas térmicamente más cálida, aunque superada por algunas calles muy transitadas como anteriormente señalábamos. Constituye la isla de calor invernal más extensa y homogénea de la ciudad, superando la temperatura de sus calles (Portales, San Juan Mayor, etc) en unas décimas de grado a la del resto de la ciudad.
3. **Las grandes avenidas.** Frente a las manzanas residenciales, que incluyen la mayor parte de las calles de la ciudad, encontramos un número limitado de calles más amplias por su trazado y dimensión vial, que son las avenidas (Gran Vía/G. Berceo, Avda. La Paz, Vara de Rey). Estas contribuyen a complicar la distribución térmica urbana, al comportarse como corredores para las masas de aire, favoreciendo en determinados momentos la penetración de aire desde la periferia hacia el centro de la ciudad. Este hecho hace que tales avenidas sean, durante las horas nocturnas, calles relativamente frías y venteadas; es frecuente que al amanecer se den diferencias térmicas de -0.5°C entre las avenidas y las calles más próximas. Sin embargo, este contraste se diluye a lo largo del día, e, incluso, se llega a invertir el efecto, originando que la gran avenida sea ligeramente más cálida que las calles secundarias. Tal inversión se debe, sobre todo, al calentamiento que provoca el tráfico de vehículos y las pérdidas energéticas de comercios y lonjas (en nuestras mediciones el paso de un vehículo pesado a unos metros del sensor llegaba a elevar hasta en 3 décimas la temperatura ambiental).
4. **Barrios, pueblos y polígonos industriales periféricos.** Estos espacios son a su vez islas de calor relativas, sin duda por el carácter masivo de sus edificaciones, la irradiación y el consumo energético que se hace en ellas. Como datos representativos, debemos señalar que el Polígono Industrial de Cantabria (almacenes e industria ligera para la construcción y bienes de equipo) presenta una temperatura de 0.5 °C superior a las fincas colindantes. Se ha comprobado, también, una desviación térmica muy similar (+0.6°C) en el caso del pueblo de Lardero respecto a su entorno de campos de cultivo.

Un modelo gráfico simple de la diferenciación térmica del casco urbano de Logroño se observa en la figura 5. Se trata de una imagen obtenida por la interpolación de los valores medios muestrales próximos (valores estandarizados). Permite asimilar la teselación o el desigual mosaico térmico que presenta la ciudad. Los tonos más claros evidencian las áreas más cálidas; se comprueba, por otro lado, que el cambio térmico urbano no presenta una tendencia continua a partir de un foco gravitacional, sino que se establecen un conjunto de centros cálidos o fríos en relación con el cubrimiento del suelo (espacios verdes, mayor o menor densidad de edificación) y la trama urbana.

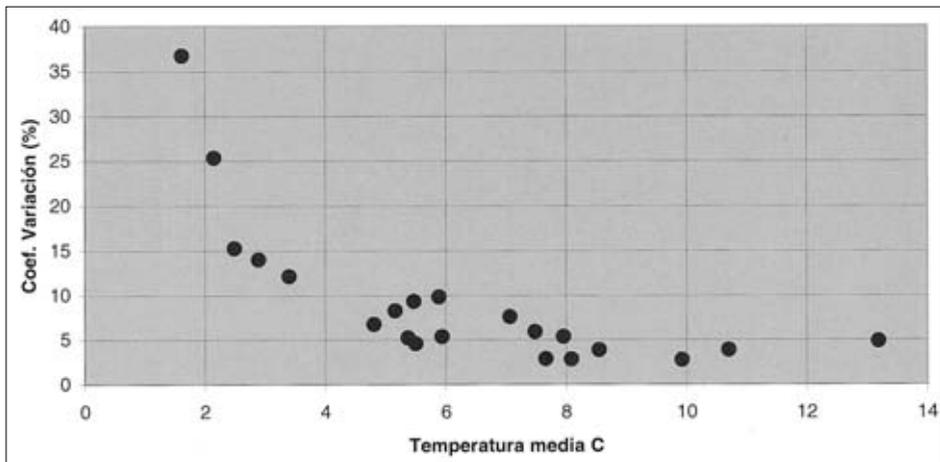


Figura 5. Temperaturas medias horarias e índices de dispersión de los trazados muestrales metropolitanos.

4. LA HUMEDAD RELATIVA

El río Ebro añade a la ciudad un efecto desigual de la humedad ambiental en relación con el variado aporte higrométrico de su curso a lo largo del año. Como es bien sabido, las superficies de agua aportan un cambio sensible en la humedad ambiental, incorporando vapor de agua al que ya contienen las masas de aire próximas. De este modo, el desarrollo reciente de la ciudad (Fig. 2), –siguiendo la línea de ribera en unos casos (El Cubo, Universidad) y alejándose progresivamente en otros (San Adrián, Cascajos)– ha traído consigo una mayor desigualdad microclimática entre los sectores de la ciudad (Tabla 3).

La relación existente entre la temperatura y la capacidad de campo higrométrica de una masa de aire es una relación matemática de la que se obtiene el punto de rocío (temperatura a la cual una masa de aire con características higrométricas estables inicia la condensación del vapor de agua). Promediando los datos de los diversos días/horas de nuestras observaciones se ha obtenido una media de humedad relativa del 79%, con un sesgo muy escaso (coeficiente de variación de las medias muestrales del 3,3%). Sin embargo, esta información sirve de muy poco y no refleja en absoluto el interés microclimático de las

En la figura 7 presentamos un gráfico muy descriptivo del índice normalizado de humedad relativa para los puntos de muestreo del casco urbano. Se reconoce la mayor humedad del casco antiguo de la ciudad y de las riberas edificadas del Ebro; en esta valoración es de destacar que uno de los puntos más húmedos de la ciudad se encuentra en El Espolón (centro urbano emblemático), donde hay arbolado y una fuente monumental (Índice estándar: +0.83). Por el contrario, y muy próximos a esta zona verde, se presentan las zonas más secas de la ciudad (Calvo Sotelo, Avda. Colón, Jorge Vigón). Asimismo, gran parte de la ciudad meridional -la de urbanización y construcción más reciente-, tiene siempre una menor humedad relativa, por su mayor lejanía del Ebro

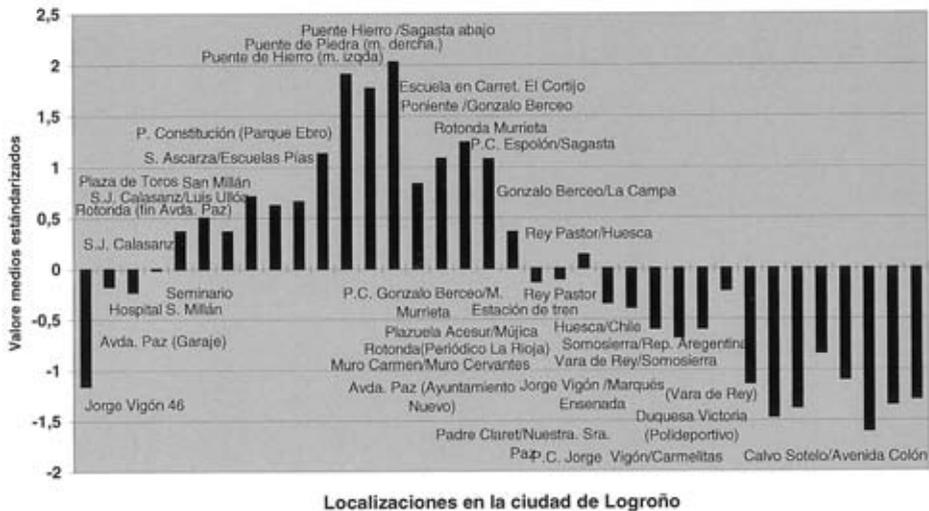


Figura 7. Diferenciación de la humedad relativa en el espacio urbano (toponimia valorada en el eje vertical).

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Logroño presenta un microclima higrotérmico propio de las “islas de calor” urbanas en cualquier hora y tipo de tiempo. Sin embargo, se trata de un modesto y desigual foco microclimático, con sensibles diferencias en función sobre todo de la estación anual, las horas del día y la humedad ambiental imperante. Las mayores diferencias térmicas se observan durante la tarde y el anochecer de los días más calurosos (época cálida y tiempo anticlinal), cuando la irradiación de la cubierta urbana aporta energía a la atmósfera en mayor proporción que el entorno rururbano. Entonces las diferencias térmicas pueden ser de unos 3 °C, situándose los puntos más calientes en el núcleo urbano de calles y cruces muy concurridos. Al lado de algunos edificios las diferencias son incluso superiores, debido a la calidad de los materiales de construcción o como consecuencia de una exposición muy directa a los rayos de sol. Aún con

todo las mayores variaciones no alcanzan ni de lejos los fuertes contrastes que se establecen en las grandes metrópolis; así, por ejemplo, Moreno García (1994) señala diferencias de hasta 8°C.

Por el contrario, durante la época invernal, más aún en días venteados o de borrascas, las diferencias térmicas son poco apreciables, no superando durante la noche 1°C. Incluso en las avenidas con orientación W-E (Gonzalo de Berceo, Urrutia, Norte), la misma que la dirección del viento dominante, la temperatura es aproximadamente la misma que en el entorno rururbano.

A escala de detalle, la diferenciación térmica depende, sobre todo, de la morfología urbana y las estructuras del suelo: el centro, los cruces viales, las zonas residenciales medias y el casco son espacios más cálidos, debido al papel de resguardo frente a los vientos que puede ejercer la trama urbana, al tráfico y a la irradiación energética. Por el contrario, las zonas verdes, áreas no urbanizadas, y los barrios periféricos son zonas relativamente más frías. Dentro del casco urbano de Logroño, estos comportamientos son prácticamente independientes de la distancia al centro de gravedad urbano. Así ocurre también con la humedad relativa, al generarse pequeños núcleos de mayor humedad en las zonas verdes y rotondas con fuentes. No obstante, se observa una tendencia general marcada por la distancia al río Ebro; éste aporta a la ciudad próxima, incluido el casco antiguo, una mayor humedad ambiental que va disminuyendo a medida que nos alejamos de sus márgenes. En definitiva, el modelo higratérmico muestra una distribución multinúcleo, ya que los usos urbanos del suelo determinan la localización de focos relativos de humedad y temperatura.

El desigual confort microclimático en el área de estudio es en la práctica más sensible a la humedad que a las variaciones térmicas, siempre más moderadas. Este efecto es muy conocido por los ciudadanos, que lo llegan a valorar de manera diferente a lo largo del año: durante el verano la humedad se considera un efecto agradable (aumenta la humedad relativa de masas de aire muy secas e incómodas y regula los picos térmicos), mientras que en invierno se aprecia negativamente, cuando los índices de humedad en el aire se aproximan muchos días al de saturación (100% de humedad relativa). La excesiva humedad ambiental durante la estación fría representa un inconveniente cotidiano (Fernández García, 1994), un descenso del confort que (a) acentúa el efecto de frío por la acumulación de humedad y transpiración en el vestuario personal, (b) produce el rocío, especialmente en la superficies acristaladas de edificios y vehículos, (c) condiciona el uso de calefacciones, disminuyendo el umbral térmico de su uso habitual y (d) aumenta la persistencia de nieblas.

Si bien la distribución temporal y espacial de la humedad relativa resulta difícil de modelizar, se puede aceptar de forma muy general, respecto a la primera variable, que el descenso de las temperaturas invernales nocturnas -aunque no se alcancen los 0°C o el punto de rocío- acentúa mucho las probabilidades de soportar los efectos negativos de la humedad en la vida cotidiana. En la segunda variable, la proximidad al río Ebro aumenta dichas probabilidades. En la banda urbana más próxima a la ribera, las heladas son más tempranas, más persistentes y se diluyen con más retraso al día siguiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMENDROS, M.A., 1992. Aspectos climáticos del parque del Retiro (Madrid). *Estudios Geográficos*, 53 (207): 217-239 pp.
- BELLO FUENTES, V., 1994. La isla de calor y los usos del suelo en Guadalajara. *Serie Geográfica: El cambio climático y las actividades humanas*, 4: 83-98 pp. Universidad de Alcalá.
- BRUNET, M., 1992. La magnitud y fluctuaciones de la “isla de calor” en Tarragona. *Tarraco*, 7: 19-29 pp.
- CARRERAS, C., MARÍN, M., MARTÍN VIDE, J., MORENO GARCÍA, M. y SABI, J., 1990. Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la isla de calor en Barcelona. *Documents d' Anàlisi Geogràfica*, 17: 51-77 pp.
- CUADRAT, J.M., DE LA RIVA, J., LÓPEZ, F. y MARTÍ, A., 1993a. El medio ambiente urbano en Zaragoza. observaciones sobre la “isla de calor”. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 13: 127-138 pp.
- CUADRAT, J.M., DE LA RIVA, J., LÓPEZ, F. y MARTÍ, A., 1993b. Ciudad y medio ambiente: la isla de calor de Teruel. *Geographicalia*, 30: 113-123 pp.
- DE LA RIVA, J., CUADRAT, J.M., LÓPEZ-MARTÍN, F. y MARTÍ, A., 1997. Aplicación de las imágenes landsat tm al estudio de la isla térmica de Zaragoza. Primeros resultados. *Geographicalia*, 35: 227-242 pp.
- EASTMAN, J.R., 1995. *Idrisi for Windows. User's Guide version 1.0*. Idrisi Production, Clark University.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F., 1982. La intensidad del viento en Madrid y sus alrededores. *Estudios Geográficos*, 166: 17-32 pp. Madrid.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F., 1990. La influencia de la ciudad sobre las precipitaciones: el caso de Madrid. *Estudios Geográficos*, 51 (199-200): 397-411 pp.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F., 1994. Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. *Serie Geográfica: El cambio climático y las actividades humanas*, vol. 4: 109-125 pp. Universidad de Alcalá.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F., GALÁN GALLEGU, E., y CAÑADA TORRECILLA, R. (coordinadores), 1998. *Clima y ambiente urbano en grandes ciudades ibéricas e iberoamericanas*. Editorial Parteluz, 606 pp.
- GARCÍA RUIZ, J.M., ORTIGOSA, L.M., ARNÁEZ, J. y GÓMEZ, A., 1989. Organización espacial de las temperaturas en la ciudad de Logroño. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, XV (1-2): 87-89 pp.
- GOIKOETXEA, I., 1991. El medio ambiente urbano en Donostia. observaciones sobre la “isla de calor” generada en el medio urbano. *Lurralde. Investigación y Espacio*, 14: 143-162 pp.
- GONZALO MORENO, A.N. (1981). *El relieve de La Rioja. Análisis de Geomorfología Estructural*. Instituto de Estudios Riojanos, 2 tomos, Logroño
- GRIMMOND, C.S. & SOUCH, C., 1994. Surface description for urban climate studies: a GIS based methodology. *Geocarto International*, 9 (1), 47-59 pp.

- LÓPEZ GÓMEZ, A (coordinador), 1988. *El clima urbano de Madrid: la isla de calor*. Instituto de Economía y Geografía Aplicadas. C.S.I.C., 199 pp. Madrid.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (coordinador), 1993. *El clima de las ciudades españolas*. Editorial Cátedra, 269 pp. Madrid.
- LÓPEZ GÓMEZ, A., FERNÁNDEZ GARCÍA, F., ARROYO ILERA, F., 1995. *Teledetección y clima urbano. Variaciones nocturnas y diurnas de la isla de calor de Madrid*. Instituto de Economía y Geografía (CSIC), 75 pp. Madrid.
- LOWRY, W.P., 1975. El clima de las ciudades. *El Hombre y la Ecosfera*. Editorial Blume (Scientific American), 202-210 pp. Madrid-Barcelona.
- MARTÍN VIDE, J., 1987. Acerca de la medicion y la experimentacion en geografia fisica. un ejemplo climatológico: la "isla de calor". *Notes de Geografía Física*, 15-16: 21-27 pp.
- MORENO GARCÍA, M., 1993. *Estudio del clima urbano de Barcelona. La "isla de calor"*. Instituto Nacional de Meteorología, 82 pp. Madrid.
- MORENO GARCÍA, M., 1994. Las investigaciones sobre el clima urbano de las ciudades españolas. *Clima y ambiente urbano en grandes ciudades ibéricas e iberoamericanas*. Editorial Parteluz, 177-205 pp.
- NÚÑEZ OLIVERA, E. y MARTÍNEZ ABAIGAR, J., 1991. *El clima de La Rioja: análisis de precipitaciones y temperaturas*. Gobierno de La Rioja: 323 pp., Logroño.
- MUGA, M., 1980. La utilización de los espacios verdes en la ciudad de Logroño. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 6: 71-84 pp.
- SÁNCHEZ GABRIEL, M., 1979. *Climatología y bioclimatología aplicadas a La Rioja*. Instituto de Estudios Riojanos, 125 pp. Logroño.
- SAN PEDRO MENDOZA, F., 1994. Aproximación al análisis de los climas urbanos sobre series horarias. *Serie Geográfica: El cambio climático y las actividades humanas*, vol. 4: 99-106 pp. Universidad de Alcalá.
- SPIEGEL, M.R., 1970. *Estadística*. McGraw Hill, 357 pp.
- SPSS, 1990. *SPSS Reference guide*. SPSS Inc., 949 pp. Chicago, USA.