

CIUDAD Y MEDIO AMBIENTE: LA ISLA DE CALOR DE TERUEL *

José M^a CUADRAT PRATS, Juan DE LA RIVA FERNANDEZ,
Fernando LOPEZ MARTIN y Alberto MARTI EZPELETA

Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio
Universidad de Zaragoza

Resumen: El artículo presenta los primeros resultados del estudio empírico sobre la isla de calor en la ciudad de Teruel. En primer lugar se describen las características morfológicas y funcionales del área urbana. A continuación se analizan los datos obtenidos mediante recorridos urbanos, y se comprueba la existencia de una isla de calor moderada, de 2,2° de intensidad máxima, de configuración alargada en torno a dos grandes núcleos, el casco histórico y el Ensanche.

Palabras clave: Medio ambiente, clima urbano, isla de calor, Teruel.

Abstract: This work shows the first results of the empirical analysis about the heat island in Teruel city. Firstly, morphological and functional characteristics of the urban area described. Next the collected data in the urban itineraries are analysed, and the existence of a moderate heat island is verified, with 2° C of maximum intensity with a long design around two sectors, the historical centre and the Ensanche (urban development).

Key words: Environment, urban climate, heat island, Teruel.

* Este trabajo forma parte del proyecto de investigación de los climas urbanos de las capitales aragonesas, patrocinado por el Instituto Aragonés del Medio Ambiente, de la Diputación General de Aragón.

INTRODUCCION

La máxima expresión de la transformación del medio natural por la acción del hombre se alcanza en las ciudades, que sin duda pueden ser consideradas como el medio ambiente más específicamente humano. La sustitución de la cubierta vegetal por un sustrato impermeable, la masa compacta de edificios elevados, la generación de polvos o aerosoles y la producción de energía antrópica, son las causas de esta modificación, que afecta al conjunto de sus condiciones ambientales, pero de manera especial al clima.

Uno de los efectos más evidentes de esta alteración climática inducida por la urbanización es el fenómeno conocido como *isla de calor* o *isla térmica*, con el que se quiere expresar el ambiente térmico más cálido que alcanza el interior de la ciudad respecto al medio rural que la rodea. La percepción de esta peculiaridad es antigua, pero la constatación de su existencia es más cercana, y se verificó en Londres, por el químico Howard, en 1818. Estudios posteriores en nuevas áreas urbanas y la ampliación de los objetivos de trabajo han impulsado las investigaciones sobre el clima urbano, y hoy constituye uno de los temas que suscitan mayor interés dentro del campo de la Climatología. En España, tras los trabajos pioneros sobre Madrid y después Barcelona, han seguido otros sobre Valencia, Tarragona, San Sebastián, Santa Cruz de Tenerife, Zaragoza y recientemente sobre la isla de calor de Teruel, cuyos primeros resultados se presentan en este artículo.

Lógicamente, la magnitud del fenómeno, además de los parámetros meteorológicos y geográficos, depende de factores urbanos, como el tamaño de la urbe, la población, etc. En la ciudad de Teruel, a pesar de sus escasos habitantes y extensión, se observa claramente la isla térmica, en ocasiones con destacada intensidad.

METODO DE TRABAJO

Tres son los parámetros fundamentales que caracterizan la isla de calor: su intensidad, su forma o configuración y la localización del máximo térmico. Su conocimiento se apoya en una metodología que se ha convertido en habitual en los estudios de Climatología Urbana, como es la de los transectos térmicos, en la que, por medio de repetidos recorridos en automóviles dotados de termómetros digitales de baja inercia, se consigue un banco de datos de temperatura espacialmente muy válido.

Con frecuencia, para una primera valoración de las modificaciones urbanas, se recurre al análisis comparado de la ciudad y su área próxima con datos meteorológicos de observatorios representativos de cada medio geográfico. En Teruel existen registros

termométricos de tres estaciones meteorológicas denominados respectivamente "Viveros de Obras Públicas", "Instituto" y "Observatorio", ubicadas las dos primeras junto al casco urbano y el último en la periferia (aproximadamente a dos kilómetros). Sin embargo, las series disponibles son cortas, tienen lagunas y no siempre son simultáneas (el observatorio del Instituto, por ejemplo, dejó de funcionar al instalarse el último citado); por otra parte, y aplicando los criterios que Lowry (1977) fija para valorar el grado de homogeneidad, se comprueba que los diferentes puntos de medición no son comparables. En consecuencia, se rechazó esta opción y todo el estudio se apoya en la información obtenida mediante los transectos urbanos.

Con tal fin se diseñó un recorrido según las principales direcciones de desarrollo de Teruel, cuyas características físicas y funcionales se describen en el apartado siguiente, y se seleccionaron diferentes puntos de observación. En conjunto, el trayecto alcanza una longitud de 16 km y en ellos se distribuyeron un total de 42 puntos de medida de las temperaturas que de forma entrelazada cubren toda la ciudad y las salidas al medio rural. Las experiencias se efectuaron durante los años 1992 y 1993, en días laborables, hacia el final de semana, casi siempre con tiempo estable, en horario nocturno y al amanecer: las primeras, entre cuatro y cinco horas más tarde de la puesta solar, con el fin de observar el momento de máxima intensidad de la isla de calor; las diurnas, en el momento de salir el Sol coincidiendo con el momento más frío del día. Las mediciones se efectuaron con un termohigrómetro digital Hanna, modelo HI-8564, con sonda de ambiente instalada en el techo de un automóvil, cuya velocidad promedio puede establecerse en 40 km/hora.

ASPECTOS FISICOS Y FUNCIONALES DE TERUEL

Teruel es una pequeña ciudad de escasamente 28.000 habitantes, con muy poca actividad industrial, y dominada por las funciones administrativa y comercial, en buena parte derivadas de su capitalidad provincial. Se alza a 930 m de altitud, en lo alto de un espolón que ha quedado en resalte por la acción erosiva del río Turia y las ramblas de San Julián y el Arrabal. Este emplazamiento, que responde al papel de vigía desempeñado en su origen, y el desarrollo posterior de la capital adaptándose a su accidentado relieve, han creado una notable diversidad topográfica dentro del espacio urbano, que enriquece las peculiaridades del clima local.

El plano de la urbe ha crecido a partir del primitivo centro medieval, cuyo casco queda dividido en dos sectores por el eje formado por las calles de El Salvador, Tozal y plaza del Torico: el primer sector, al Norte, es de calles regulares en dirección perpendicular al citado eje; el segundo, al Sur de aquél, donde se aloja la antigua Judería, es de calles menos ordenadas, convergentes en dirección radial hacia la plaza

del Tremedal. En conjunto, el casco antiguo es un área de edificación compacta, de altura media y baja, que mantiene las características de ciudad antigua, con grupos arquitectónicos de gran interés, donde frente a edificaciones viejas, a veces muy degradadas, han surgido recientes construcciones, sobre todo en las rondas y Paseo del Óvalo, que rompen el conjunto urbanístico (García Márquez, 1983). El área acoge cerca del 30 por ciento de la población urbana, cuyo nivel socio-profesional es el más alto de la ciudad, y concentra la mayor dotación comercial, de servicios y equipamientos de la capital.

Al Norte y Este del núcleo antiguo la ciudad se amplía con diferentes barrios, como el de las Cuevas del Siete, próximo al cruce de Los Arcos con la carretera de Alcañiz, y los del Arrabal y San Julián, ubicados en las laderas de las ramblas del mismo nombre, en descenso escalonado hasta los 880 m de altitud de su fondo. Son barrios de residencia obrera, en los que también hay instalados talleres y pequeñas industrias. La espontaneidad de su nacimiento se deduce del caótico trazado de sus calles, que únicamente se ordenan paralelas a la ladera que queda debajo del Viaducto, forzadas por el propio relieve. La edificación es muy variada, con casas de una o dos plantas, que contrastan a veces con bloques de varios pisos de altura.

Hacia el Sur, y a través del Viaducto que permite salvar la rambla de San Julián, el casco antiguo queda unido a la meseta de Pinilla, donde se localiza el moderno barrio del Ensanche, que acoge la mayor parte del crecimiento urbano de Teruel en este siglo y el más alto contingente de población (el 30 por ciento del total). En él se distinguen dos áreas: el primer Ensanche, tipo ciudad jardín, de viviendas unifamiliares, estructurado en torno a un eje central al que confluyen una serie de calles transversales, dando una imagen de conjunto regular. A continuación se sitúa el segundo Ensanche, muy diferente del anterior, con tres ejes principales en las Avenidas de Sagunto, Ruíz Jarabo y Aragón, y formado en buena parte por grandes bloques de edificios, de altitudes muy dispares (entre cinco y diez plantas son las más frecuentes), donde alternan los usos residencial, servicios e industrial. En este sector cabe destacar la presencia del mayor espacio verde de la capital, el Parque Municipal, además de contar con las principales superficies de esparcimiento y deporte.

En los extremos Norte y Sur se sitúan las nuevas zonas urbanas, con heterogeneidad de edificaciones y sin una estructura de conjunto. Surgen en torno a la carretera de Alcañiz (donde se localiza la Ciudad Escolar como área de uso diferenciado), de Zaragoza (polígono industrial La Paz) o Valencia (urbanizaciones de la Fuenfresca y San Cristobal), en proceso de consolidación y con amplios espacios abiertos.

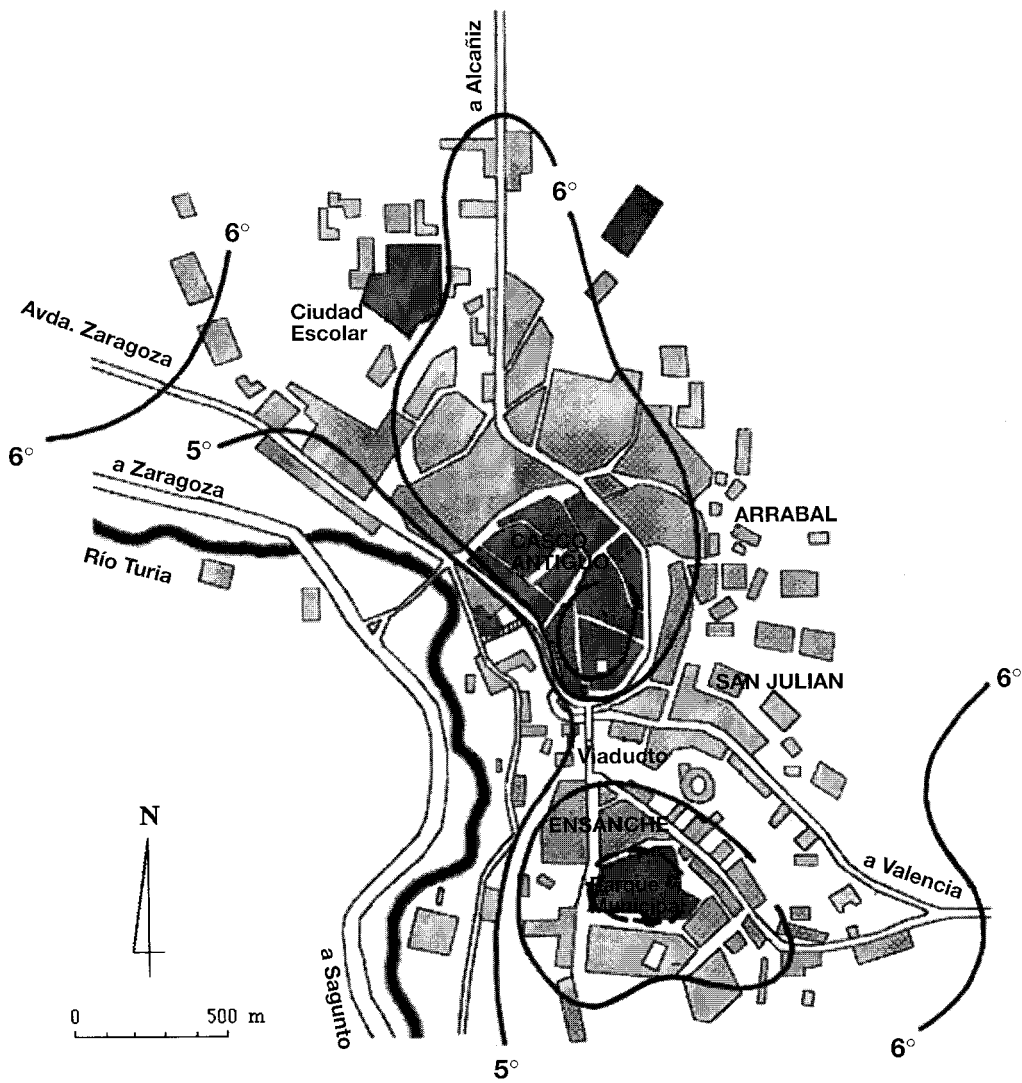


Figura 1.- Isotermas en °C del día 27 de noviembre de 1992 a las 11'30 horas TMG, en la ciudad de Teruel junto a la isla de calor que se dibuja con perfección en el casco histórico existe una acusada inversión térmica de 2'7° entre las terrazas altas del Turia y el fondo del río.

LA ISLA DE CALOR DE TERUEL

Intensidad

Normalmente ésta se define como la máxima diferencia observada en las temperaturas entre el centro urbano y la periferia rural en un momento determinado. Pero es evidente que para evaluar con precisión la alteración producida por la ciudad habrá que considerar ciertos factores físicos (altitud, morfología, etc.) que pueden distorsionar y entorpecer la valoración de la influencia real del área urbana. En el caso de Teruel, la accidentada topografía y los fuertes desniveles existentes entre el núcleo urbano y su entorno, inducen a pensar que las diferencias térmicas pueden no ser fruto tan sólo de la acción de la ciudad, sino también del factor altitud y de la presencia de hondonadas topográficas donde se acumula el aire frío.

Especialmente relevantes son las variaciones de temperatura, en situaciones de inversión térmica, entre las terrazas altas del Turia, al Norte de la capital, a casi 990 m, y el fondo del río, próximo a los 880 m. Estos casos suministran interesante información acerca de la estratificación de las capas de la atmósfera, lo cual tiene particular relevancia para el estudio climático, pero es evidente que si no se pondera o elimina la acción debida a los acusados gradientes térmicos que se originan en pequeños espesores de aire, se puede llegar a sobreestimar la influencia urbana.

Esta situación se observó el día 27 de noviembre de 1992 (Fig. 1). Los alrededores de la capital tenían temperaturas entre 6,5 y 6,7°, mientras los sectores más bajos del municipio escalonaban sus registros entre los 4,3° de la calle de San Francisco a los 4° de la estación del ferrocarril, cercana al río. El centro de la ciudad, por el contrario, ofrecía cifras de 6,5° en el casco antiguo y de 7,2° en las calles de la Judería. se definían de este modo tres claros sectores: la periferia más elevada de la capital, con valores térmicos altos; las áreas urbanas más deprimidas, convertidas en zonas de embolsamiento de aire frío; y por último, el centro de la urbe donde se manifestaba la isla de calor.

Otro aspecto a tener en cuenta es el de la simultaneidad de los registros, pues con la metodología seguida es obvio que éstos no pueden ser simultáneos. En ciudades de gran tamaño esta dificultad se intenta superar con la realización de diferentes transectos urbanos cuya duración no supere una hora; en Teruel, el trayecto suele durar media hora o poco más, lo cual impone pocas variaciones térmicas, por lo que los datos obtenidos pueden ser considerados como cuasi-simultáneos.

Con estas precisiones y avanzando en el análisis de las mediciones realizadas, se comprueba que la mayor diferencia registrada entre los distintos puntos de observación ha sido de 3,2°, pero coincidiendo con situación de inversión térmica. Con

atmósfera estable, ausencia de inversión y excluyendo los puntos extremos de mayor y menor altitud, para conseguir enclaves de localización geográfica más equivalente (sólo con unas pocas decenas de diferencia), la intensidad máxima registrada ha sido de 2,2°. Esta diferencia entre espacio urbano y espacio rural es algo inferior a la que, según el criterio de Oke (1978), cabe esperar de un núcleo del tamaño poblacional de Teruel.

Aunque el número de recorridos no cubre todos los meses del año, la información disponible nos indica que la intensidad de la isla de calor es mayor en invierno que en verano (Figs. 2 y 3). Y respecto al momento del día, se ha mostrado superior durante las horas nocturnas frente a las diurnas, pues al amanecer la isla se mitiga y puede llegar a desaparecer; únicamente en situaciones atmosféricas de calma persistente, la frecuente acumulación de aire frío en la hondonada del río Turia origina en muchas ocasiones un marcado gradiente térmico entre el cauce y el centro de la urbe, pero sus causas son sobre todo topográficas.

Configuración de la isla de calor

La isla térmica está siempre muy condicionada por las características físicas y funcionales de la ciudad, y en Teruel son bien evidentes. De los mapas de isotermas trazados en los momentos en que existe isla de calor podemos observar estos hechos: su trazado dibuja formas circulares, alargadas en sentido Norte-Sur según la propia configuración urbana, rodeando dos grandes centros, uno principal, que engloba el núcleo histórico, y otro secundario, que circunda el conjunto del Ensanche. En el apretado conglomerado del casco viejo es, en efecto, donde se alcanzan siempre las temperaturas más altas, en particular en torno a la vieja Judería, animada de gran actividad durante el día y donde la estrechez de las calles y su falta de regularidad, favorecen la acumulación de calor y el incremento térmico, en ocasiones casi un grado superior al eje de la calle Tozal-plaza del Torico y sus calles más septentrionales, dentro del mismo centro histórico.

El Ensanche crea un segundo islote térmico, bien definido, pero de menor entidad que el anterior, pese al elevado índice de edificación. Las diferencias seguramente estarán originadas por la amplitud de las calles y la mayor presencia de espacios abiertos, unido a la influencia del Parque Municipal, que de modo conjunto tenderán a amortiguar los valores de las temperaturas. Hacia la periferia la influencia urbana se reduce y el descenso térmico es continuo, aunque siempre moderado; únicamente en el límite occidental de la ciudad, donde ésta queda separada del cauce del Turia por un fuerte escarpe topográfico, se crea una gradación térmica pronunciada, de 1 a 2° según los casos, que sin duda responderá a la acción refrescante del río y a la presencia del campo abierto, de intensa ocupación hortícola.

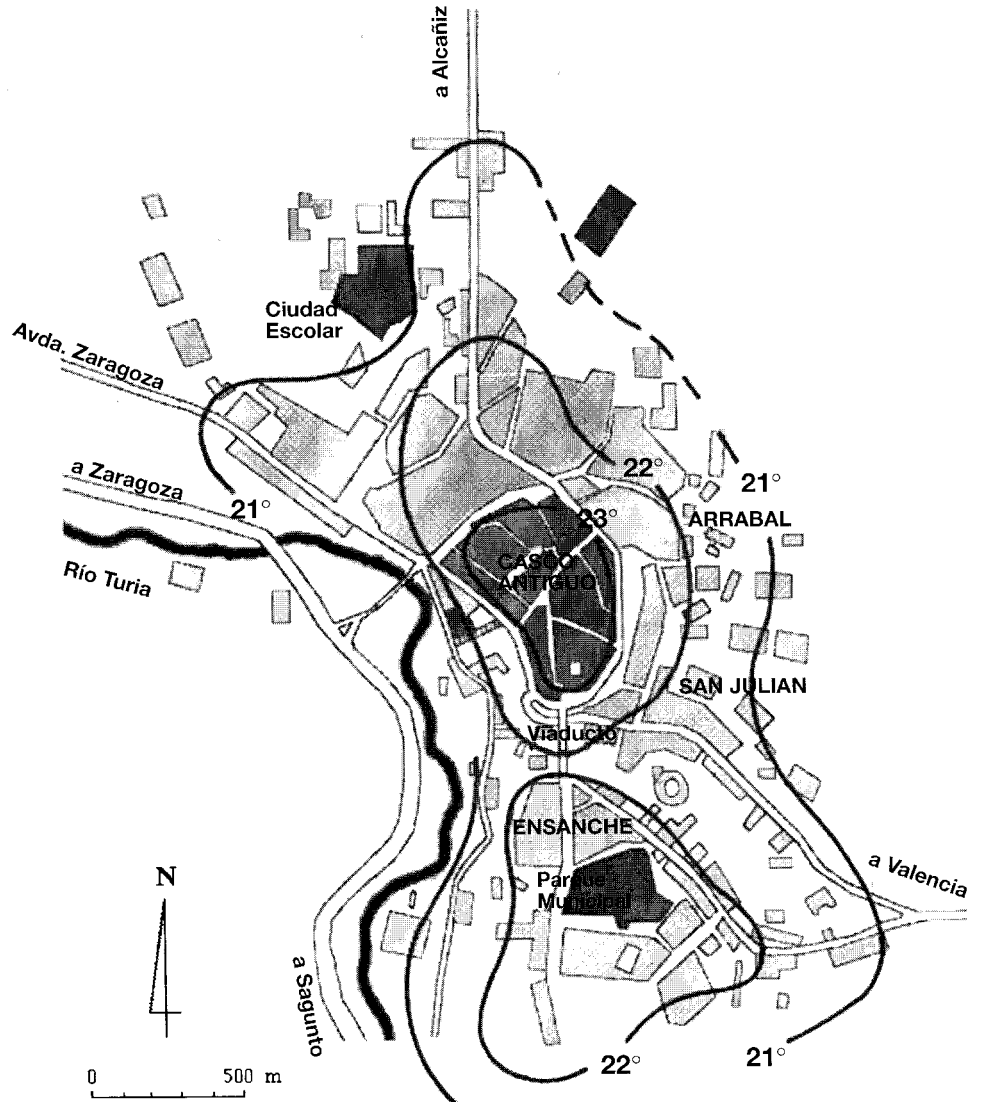


Figura 2.- Isothermas en °C del día 28 de julio de 1992 a las 01 horas TMG en la ciudad de Teruel con situación atmosférica anticiclónica y viento en calma. El mapa revela la existencia de la isla de calor en el centro de la capital y su configuración en torno a dos centros, uno en el casco antiguo y otro en el Ensanche.

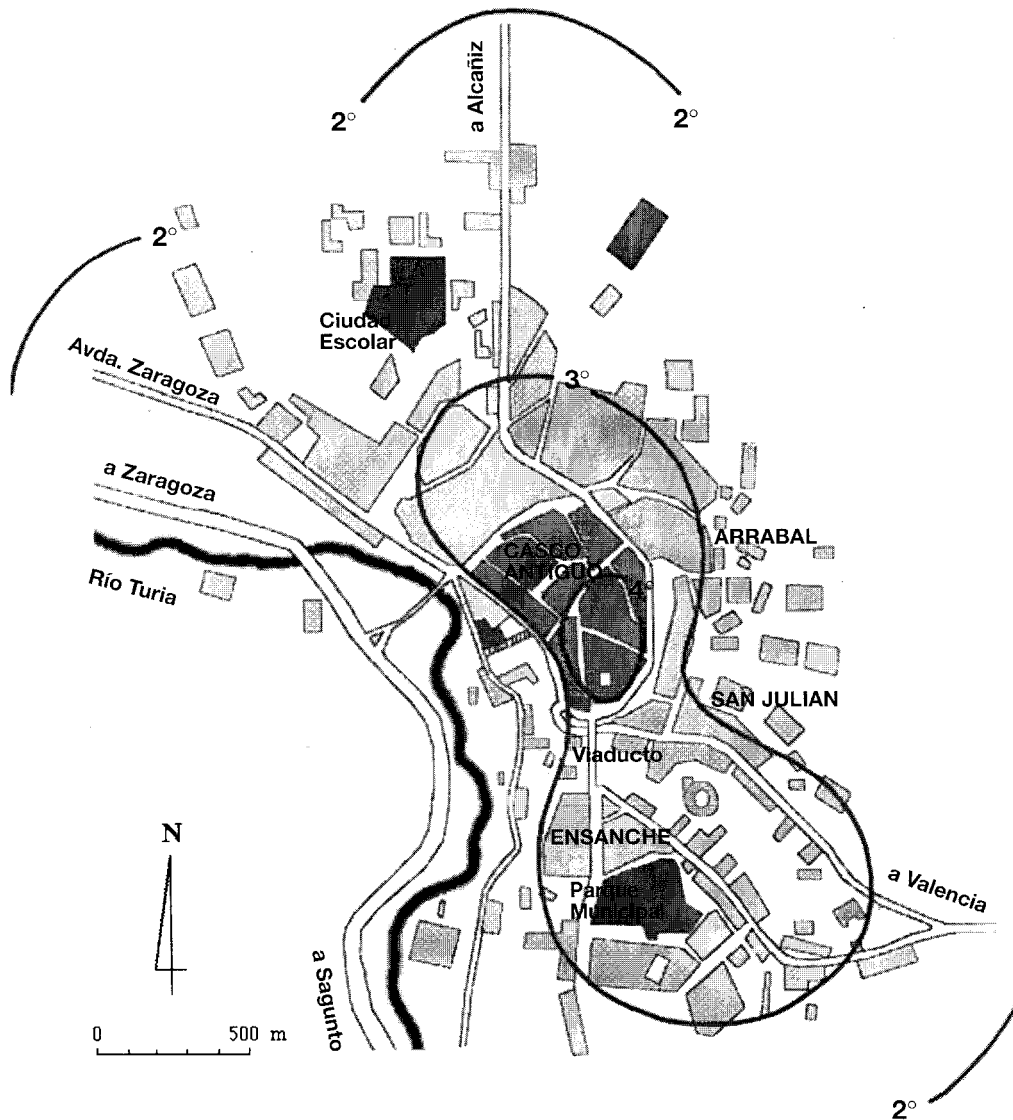


Figura 3.- Isotermas en °C del día 14 de enero de 1993, a las 11 horas TMG en la ciudad de Teruel con situación anticiclónica y viento débil del norte. La isla de calor siempre tiene forma alargada, siguiendo la propia configuración urbana, y presenta un centro destacado alrededor del antiguo barrio de la Judería.

CONCLUSIONES

Cabe precisar en primer lugar que ésta es la primera investigación sobre la isla de calor que se ha realizado en la ciudad de Teruel, y que la continuación de su estudio, con el rigor de las nuevas informaciones y la mayor regularidad de los datos, permitirá sin duda matizar más lo que aquí se aporta.

La conclusión más destacable de las observaciones realizadas durante el trabajo de campo es que la isla térmica existe, con una intensidad algo superior a los 2°. En este punto se ha precisado que la diferencia de temperatura entre el interior de la ciudad y su área circundante se evalúa considerando tan sólo localizaciones geográficamente equivalente. En situaciones de inversión térmica se han hallado diferencias entre 3 y 4°, desde el lugar más frío y el más cálido del área estudiada, pero esta magnitud responde no sólo a la alteración urbana, sino también a la accidentada topografía turolense y la existencia de zonas de embolsamiento de aire frío en los barrios más bajos de la capital.

Cuando la isla se da, presenta una configuración alargada en sentido Norte-Sur, con isotermas cerradas en torno a dos grandes centros, el primero en el núcleo histórico y el segundo, menos destacado, rodeando el Ensanche. A partir de estos núcleos centrales las isotermas se ajustan al área edificada y adquieren una disposición cada vez más abierta en la periferia.

BIBLIOGRAFIA

- CARRERAS, C; MARIN, M; MARTIN VIDE, J; MORENO, M.C. y SABI, J. (1990): "Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la isla de calor en Barcelona", *Documents d'Analisi Geogràfica*, 17, 51-77.
- CUADRAT, J.M.; DE LA RIVA, J.R.; LOPEZ, F. y MARTI, A. (1993): "El medio ambiente urbano en Zaragoza. Observaciones sobre la isla de calor", *Anales Universidad Complutense*, (en prensa).
- CUADRAT, J.M.; DE LA RIVA, J.R.; LOPEZ, F. y MARTI, A. (1993): "La ciudad y el clima. La isla de calor de Zaragoza", Excmo, Ayuntamiento de Zaragoza (en prensa).
- GARCIA MARQUEZ, M. (1983). *Geografía urbana de Teruel*, Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, 160 pág.
- GOIKOETXEA, I. (1991): "El medio ambiente urbano en Donostia. Observaciones sobre la isla de calor generada en el medio urbano", *Lurralde*, 14, 143-162.

- LOPEZ GOMEZ, A.; FERNANDEZ, F.; ARROYO, F.; MARTIN VIDE, J. y CUADRAT, J.M. (1993): *El clima de las ciudades españolas*, Edit. Cátedra.,Madrid, 269 p.
- LOPEZ GOMEZ, A. y FERNANDEZ GARCIA, F. (1984). "La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano", *Estudios Geográficos*, 174, 5-34.
- LOPEZ GOMEZ, A.; LOPEZ GOMEZ, J.; FERNANDEZ GARCIA, F. y ARROYO, F.(1991): *El clima urbano de Madrid: la isla de calor*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 166 p.
- LOWRY, W.P. (1977): "Empirical estimation of urban effects on climate: a problem analysis", *Journal of Applied Meteorology*, 16, 129-135.
- MARTIN VIDE, J. (1986-87): "Acerca de la medición y la experimentación en Geografía Física. Un ejemplo climatológico: la isla de calor", *Notes de Geografía Física*, 15-16, 21-28.
- MORENO, M.C. (1991): "La intensidad de la isla de calor de Barcelona. Comparación con otras ciudades españolas", *Alisios*, 1, 47-53.
- MORENO, M.C. (1993): *Estudio del clima urbano de Barcelona: la isla de calor*, Barcelona, 193 p.
- OKE, T.E. (1973): "City size and the urban heat island", *Atmospheric Environment*, 7, 769-779.