

## 4.14.

# La modificación local del clima: Clima urbano

En relación con la acción transformadora del espacio natural sobre el que se asienta, las ciudades llegan a ser en gran medida productoras de sus propias condiciones ambientales, incluidas, como no, las climáticas. En el interior de las ciudades el clima difiere sensiblemente del de su entorno inmediato, constituyendo el fenómeno de la isla de calor la modificación más clara y evidente del clima regional. La isla de calor es una anomalía térmica de signo positivo que suele localizarse en el interior de las ciudades y que se manifiesta en el hecho de que las temperaturas sean superiores en los centros urbanos que en los espacios periurbanos o rurales que la circundan.

Por lo general, la isla de calor alcanza su mayor intensidad durante la noche, pudiendo incluso llegar a desaparecer en las horas centrales del día.

En situaciones de vientos en calma y cielos despejados es cuando la diferencia entre las temperaturas del interior de la ciudad y las de la periferia no urbanizada llega a ser mayor, habiéndose encontrado una relación directa entre el tamaño de las ciudades y estas diferencias, que según algunos autores puede superar en grandes conurbaciones urbanas los 12 °C.

Las causas que generan esta isla térmica son varias, pudiéndose agrupar en cuatro principales: la producción de calor desprendido en las múltiples combustiones urbanas (calefacción, circulación rodada de vehículos, industria, alumbrado, etc); la mayor capacidad de almacenamiento de energía solar en forma de radiación de onda corta por los materiales de construcción urbana y que es lentamente emitida de nuevo hacia la atmósfera durante la noche; la disminución en la evaporación debido a la sustitución de las superficies naturales originales por un suelo pavimentado; y por último las menores pérdidas de calor sensible por la reducción de la velocidad del viento que se debe a la presencia de edificios.



## Las Islas de Calor de Zaragoza, Huesca y Teruel

**Imagen 8.** ▲ Las ciudades representan la transformación antrópica más importante del entorno natural, consituyendo el medio ambiente más propiamente humano. En los medios urbanos no sólo aparecen modificados el sustrato, la vegetación o la fauna, sino que también el clima muestra características distintas a las del entorno regional sobre el que la ciudad se asienta. Imagen de satélite de Zaragoza extraída desde Google-Earth .

La trascendencia social y económica que en la actualidad tiene el fenómeno urbano y su incidencia sobre el confort y la calidad de vida, explican el lugar privilegiado que ocupa este tema de estudio y la utilidad de su conocimiento para la gestión ambiental de las ciudades.

Las primeras investigaciones sobre el clima urbano de las ciudades aragonesas comenzaron a desarrollarse a principios de la década de los noventa, casi de forma simultánea a las realizadas en las capitales españolas más importantes, como Madrid, Barcelona, Sevilla o Valencia. Así, el fenómeno de la isla de calor ha sido identificado, cuantificado y cartografiado en las tres capitales de provincia aragonesas (figura 36).

Por el tamaño de la ciudad y su entidad poblacional, es en Zaragoza donde con más nitidez se observan las alteraciones del clima relacionadas con la urbanización. El análisis de los datos manejados permite, en efecto, constatar esa notable diferencia que existe entre las temperaturas del interior de la ciudad y las de su entorno inmediato, así como la presencia de una marcada isla de calor, fluctuante en cuanto a localización e intensidad en función de la situación atmosférica, que alcanza su máxima expresión en días anticiclónicos invernales, cuando llega a rozar los 6 °C.

La isla de calor térmica zaragozana suele presentar forma concéntrica, es decir, con isotermas nucleares cerradas y formas no muy alejadas de un perímetro circular. Analizando su configuración espacial puede observarse que los espacios más cálidos se encuentran en el sector central y centro-oriental del entramado urbano zaragozano, en el entorno del Coso – Plaza de España, con prolongaciones





hacia la Avda. de Madrid, Gran Vía – Avda. de Goya y zonas próximas a la intersección entre el Camino de las Torres y Avda. de Miguel Servet.

Conforme nos alejamos de este núcleo cálido, el ambiente es, progresivamente, más fresco, como se comprueba en la prolongación de la Avda. de Gómez Laguna, Montecanal, Montes de Torrero, Miralbueno – Oliver – Valdefierro y Juslibol – Parque Goya. Lo mismo sucede en los grandes parques y jardines urbanos, en particular en el Parque Primo de Rivera y en el Tío Jorge. Y aún mayor es el descenso de las temperaturas en la zonas rurales limítrofes, con diferencias térmicas absolutas respecto al centro de entre 3 °C y 4 °C, que en días concretos llegan hasta los 6 °C.

En el caso de Huesca y dado el menor tamaño de la capital oscense, la isla de calor que se configura sobre esa ciudad es más discreta y pasa a tener una intensidad máxima de 3 a 4 °C. El área en la que las temperaturas son más elevadas se localiza en torno al casco antiguo de la ciudad ocupando además parte del ensanche.

A partir de ese núcleo, los valores térmicos disminuyen hacia la periferia, destacando en este descenso centrífugo de las temperaturas una particularidad al norte de la ciudad, donde el descenso térmico es más acusado que en el sur en relación con la presencia del río Isuela.

Finalmente, en relación a Teruel y a pesar de las limitaciones espaciales y demográficas de esta ciudad, en su entramado urbano también se dibuja una pequeña isla de calor que ronda los 2 °C. Suele estructurarse en torno a dos centros, uno

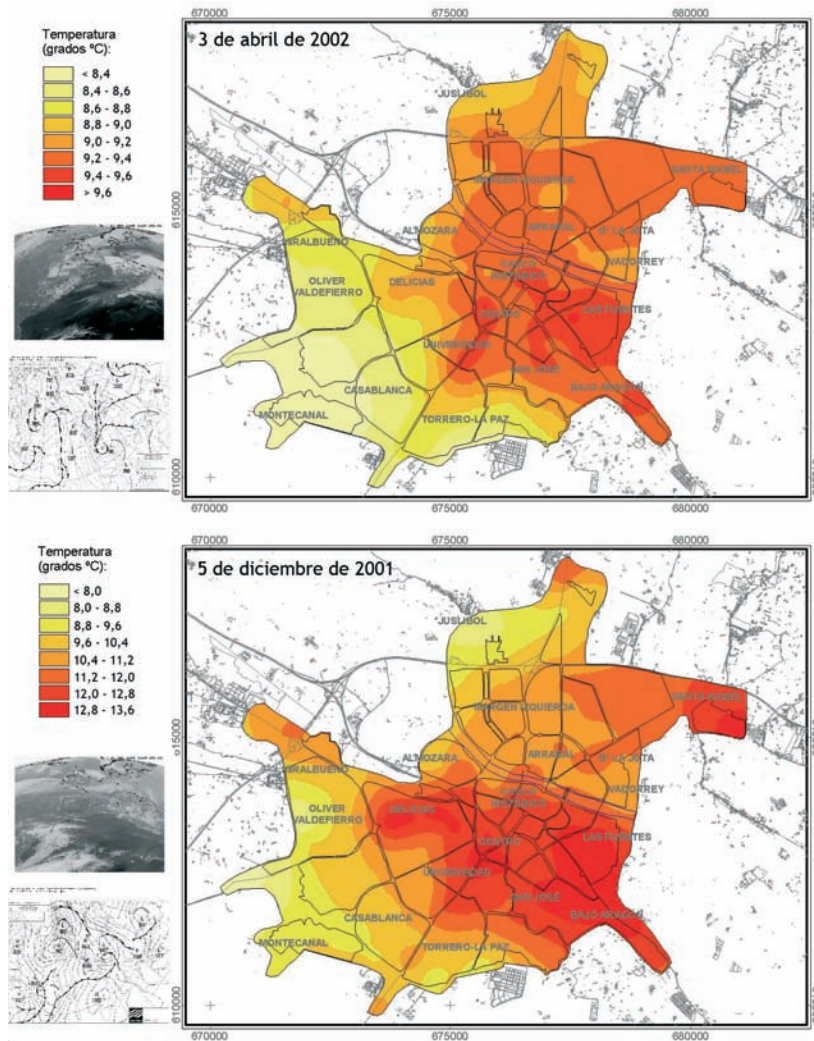
**Foto 27.** Los parques urbanos constituyen auténticas islas de frescor dentro del más cálido ambiente atmosférico del interior de las ciudades. En la imagen aparece el Parque Primo de Rivera, en Zaragoza. Allí las temperaturas pueden ser de 3 a 4 °C inferiores a las observadas en otras zonas del entramado urbano zaragozano. Foto RGC.



**Fig. 36.** ▲ Islas de calor de Zaragoza, Huesca y Teruel. La mayor intensidad de este fenómeno aparece en el conjunto urbano de mayores dimensiones, donde las diferencias de temperatura entre el interior de la ciudad y las áreas periurbanas y rurales circundantes pueden alcanzar los 6 °C. A pesar de su tamaño más reducido, las ciudades de Huesca y Teruel también presentan una isla de calor bien definida.

localizado en el apretado conglomerado del Casco Viejo y otro que circunda el ensanche de la capital.

Fuera de ellos, el descenso de las temperaturas hacia el exterior urbano es continuo, aunque siempre muy moderado. Sólo en el límite occidental de la ciudad, donde esta queda separada del cauce del Turia por un fuerte escarpe topográfico, se crea una gradación térmica más pronunciada, que según la situación atmosférica puede alcanzar los 3 °C, lo que responde en gran medida a la acción refrescante del río y a la presencia de espacios con un carácter más rural que urbano.



## La variabilidad espacio-temporal de la isla de valor

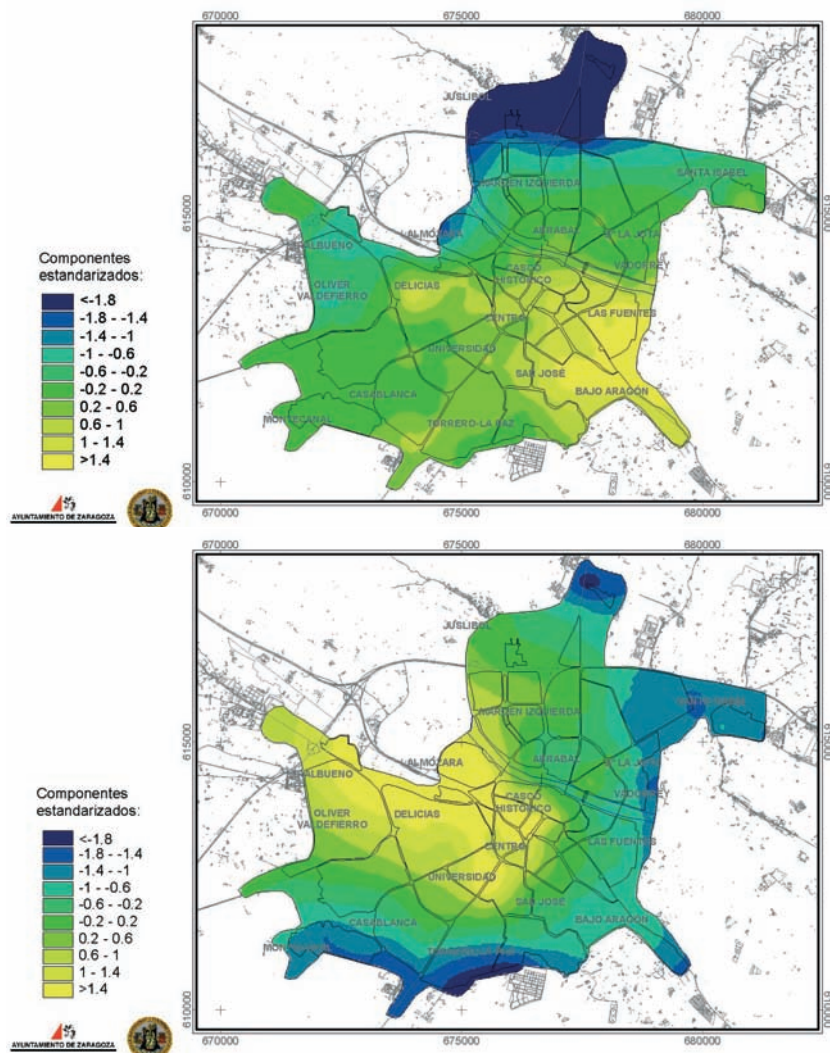
Como se ha señalado anteriormente, la intensidad de la isla de calor es mayor en situaciones de estabilidad atmosférica.

Los escasos movimientos horizontales del aire y los procesos de subsidencia favorecen el caldeoamiento de la masa de aire que queda estancada sobre la ciudad, hasta alcanzarse las mayores diferencias térmicas entre el centro urbano y la periferia que en el caso de Zaragoza y como ya ha sido señalado anteriormente, llegan a rozar los 6 °C. En otros casos, situaciones atmosféricas menos definidas propician la formación de islas de calor con una distribución espacial similar pero con intensidades mucho más moderadas.

Sin embargo, una de las variaciones más significativas que sufre la isla de calor se produce en relación con el viento. En los días en que aparecen rachas de viento intensas, la isla térmica prácticamente desaparece, quedando las temperaturas en el interior de la ciudad en valores similares a los que pueden observarse en la periferia no urbanizada. Sin embargo, cuando la intensidad del viento no llega a disipar la isla térmica se ha observado que ésta se desplaza

**Fig. 37.** La intensidad de la isla de calor no es la misma todos los días. En condiciones de estabilidad atmosférica bajo situaciones anticiclónicas es cuando este fenómeno adquiere su mejor expresión. Arriba se observa como el día 5 de diciembre de 2001, bajo condiciones anticiclónicas, la diferencia de temperaturas en el interior de la ciudad se acercaba a los 6 °C. El día 3 de abril de 2002 en cambio, tras el paso de un sistema frontal, apenas superaba 1 °C.





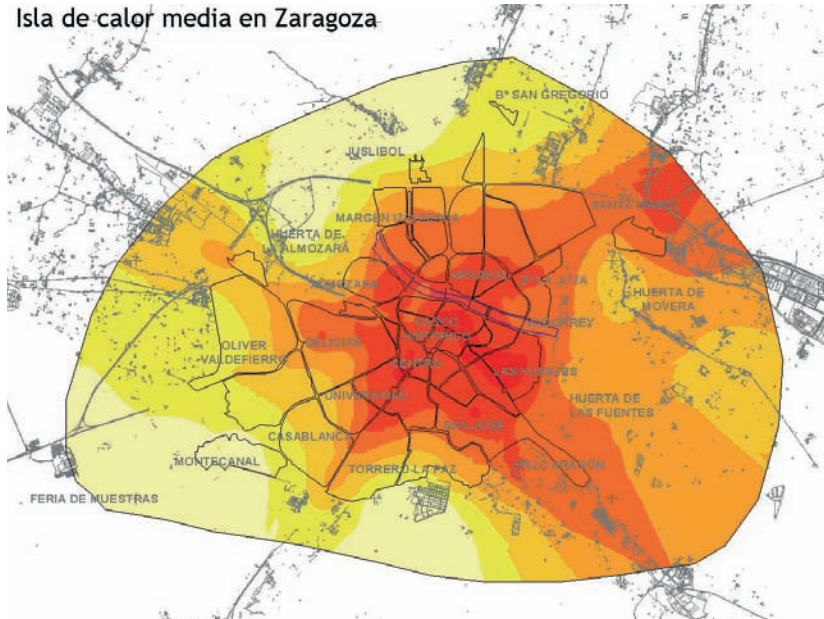
**Fig. 38.** La fuerza y dirección del viento condicionan también la isla de calor. Con vientos fuertes, ésta llega a diluirse, mientras que cuando la fuerza del viento es menor se observa un desplazamiento de las zonas más cálidas en la misma dirección que el flujo de vientos dominante. Así, en situaciones de cierzo la isla de calor se desplaza hacia el SE (arriba), mientras que con bochorno el desplazamiento es hacia el NW (abajo).

sobre el entramado urbano de la ciudad en la misma dirección que el flujo de vientos dominante.

Al relacionar cada uno de los días de medición con el modo de reparto espacial de las temperaturas se comprueba que con las situaciones atmosféricas de vientos del NW la isla de calor se desplaza hacia el sector centro-oriental de la ciudad. En el mapa promedio se pone de manifiesto que la isla térmica se localiza en el centro urbano, pero cuando sopla el viento cierzo las temperaturas máximas se mueven hacia el Este: en estas ocasiones las zonas más cálidas del barrio de Las Delicias, Centro o Coso pierden entidad y la ganan el sector de Las Fuentes y Bajo Aragón, donde se localizan ahora los valores térmicos más altos. La diferencia con los barrios occidentales, como Valdefierro, Oliver o Miralbueno se hace patente, y de manera especial con los sectores más abiertos a la influencia del viento, como son la Almozara o Juslibol, donde se experimenta un marcado descenso térmico.

Bien distinta es la situación cuando sobre Zaragoza sopla viento de bochorno. En estos casos la isla térmica es empujada en dirección hacia el Oeste y la zona Centro, Delicias, Almozara y Valdefierro son las más cálidas. Alrededor de ellas, y dibujando una forma típica de herradura, las temperaturas disminuyen hacia los barrios más periféricos del Este de Zaragoza: Santa Isabel, Vadorrey, Bajo Aragón y Torrero-La Paz.

### Isla de calor media en Zaragoza



## Factores Condicionantes de la Isla de Calor

El fenómeno de la isla de calor está lógicamente relacionado con la importante transformación que sufre el medio natural en los entornos urbanos debido a la acción del hombre y que hace que éstos sean el medio ambiente más específicamente humano. La sustitución de la cubierta vegetal por un sustrato artificial y generalmente impermeable, la masa compacta de edificios, la estructura urbana, el tráfico así como la presencia o ausencia de zonas verdes, constituyen algunas evidencias claras de esta acción transformadora. A la importancia de estos factores, que podemos denominar urbanos, se añaden otros de naturaleza geográfica, como son la topografía de la ciudad, las características del entorno o la presencia de corredores fluviales, igualmente relevantes.

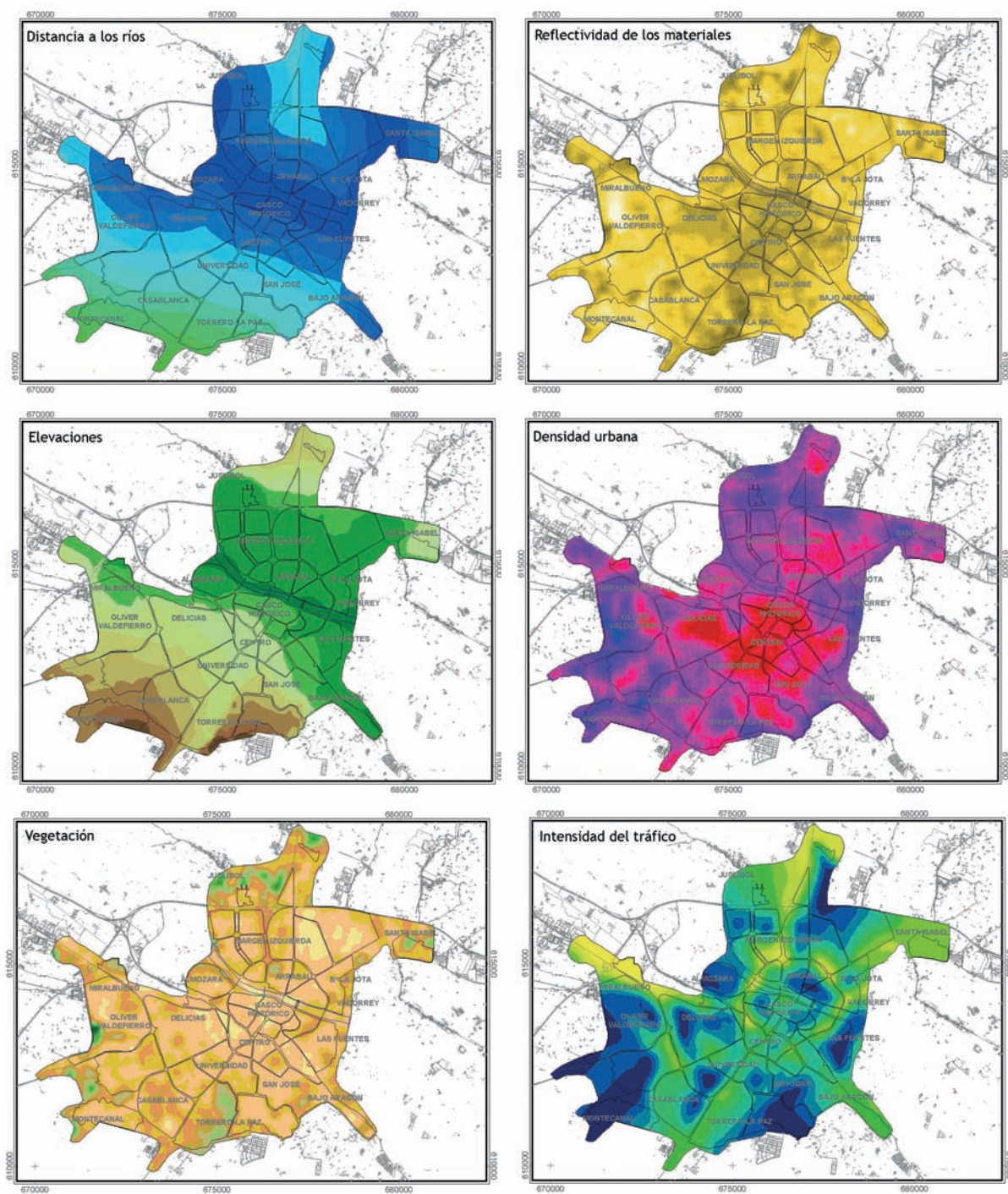
Todos ellos mantienen fuertes relaciones y contribuyen a modificar el clima de las ciudades, pero su importancia no es equivalente. Para la ciudad de Zaragoza se ha analizado la relación entre la distribución espacial media de la isla de calor y una serie de factores geográficos y estructurales como son: la topografía, la distribución de los ríos principales, las áreas verdes, la capacidad de emisión y/o almacenamiento de radiación por parte de los materiales de edificación, la densidad de edificación y la intensidad del tráfico.

La topografía es el factor que más influye en el reparto de las temperaturas, con un efecto negativo sobre las mismas. Zonas como La Paz-Torrero o el barrio de San Gregorio, casi 100 metros más altas que las zonas próximas a la ribera del Ebro, son siempre más frescas, sobre todo en verano. La influencia de la topografía sin duda va unida en Zaragoza a la distancia a los ríos principales, Ebro y Gállego, pues la altitud aumenta conforme nos alejamos del río.

Lo mismo ocurre en las áreas de parques y jardines. La evaluación realizada con el índice de vegetación obtenido a partir de imágenes de satélite, muestra que entre las superficies verdes hay diferencias claras (en función de su extensión, tipo de arbolado, espacio ajardinado, etc), pero en todas ellas las temperaturas suelen ser más bajas que en las áreas edificadas.

**Fig. 39.** Isla de calor en Zaragoza: situación media. La isla de calor aparece bien definida sobre la ciudad un buen número de días a lo largo del año. El seguimiento de este fenómeno nos permite realizar una cartografía de su situación promedio, que muestra cómo las zonas más cálidas de la ciudad aparecen en el sector central y centro-oriental del entramado urbano zaragozano, con derivaciones hacia el Bajo Aragón, Santa Isabel, Delicias y Gran Vía-Fdo. el Católico.





**Fig. 40.** ▲ Cartografía de los factores geográfico-estructurales que condicionan la forma e intensidad de la isla de calor en Zaragoza. La integración de estas cartografías en un SIG junto a la de la distribución espacial de la isla de calor permite que a través de técnicas basadas en la geoestadística podamos expresar numéricamente la influencia real que cada uno de ellos tiene en este fenómeno





La estructura urbana tiene también un peso notable sobre el mapa térmico, en este caso de signo positivo, siendo general que aquellas zonas de mayor densidad urbana (zona centro o barrio de Las Delicias, por ejemplo) registren temperaturas mayores.

La reflectividad nos informa de la energía que absorbe y transmite cualquier superficie, y depende de las características de éste (la capacidad de absorción de radiación del ladrillo o el asfalto es muy distinta a la de la vegetación, por ejemplo). Su importancia es asimismo considerable, pues se comprueba que las superficies que absorben mayor cantidad de radiación solar presentan temperaturas más altas. Sería el caso de las plazas y calles amplias, de materiales muy absorbentes y bien expuestas a la incidencia del sol, frente a las zonas menos soleadas, con presencia de arbolado o espacios verdes.

La influencia que ejerce la distancia a los ríos principales, Ebro y Gállego, seguramente va unida a la altitud y se confunde con ella, pues, en correspondencia con la topografía de Zaragoza, la altitud aumenta conforme nos alejamos del río.

Tráfico y temperatura presentan una correlación positiva: a mayor tráfico, ambiente más cálido. Pero, contrariamente a lo esperado, su incidencia es bastante menor que la que tienen los factores anteriores.

**Tabla 8.** ▲ Factores condicionantes de la isla de calor y peso de cada uno de ellos en función del valor obtenido para el Coeficiente de Correlación. Elevación, presencia de zonas verdes y densidad urbana muestran una clara influencia con este fenómeno. La intensidad del tráfico, debido a la estructura en anillos concéntricos que presenta en la ciudad de Zaragoza, apenas muestra relación.

Factores condicionantes de la isla de calor	Coeficiente de correlación
Distancia a los ríos	-0,57
Elevación	-0,62
Índice de Vegetación NDVI	-0,57
Reflectividad	-0,43
Densidad urbana	-0,60
Intensidad del tráfico	0,15