

24. La isla de calor en Madrid y su influencia en el confort urbano

Román, Emilia ^{(1)(*)}, **Gómez, Gloria** ⁽²⁾ y **de Luxán, Margarita** ⁽³⁾

(1)(*) Doctora Arquitecta. cc60 Estudio de Arquitectura, Grupo de investigación Arquitectura y Urbanismo más Sostenible (GIAU+S). Universidad Politécnica de Madrid emilia.roman@upm.es

(2) Doctora Arquitecta. cc60 Estudio de Arquitectura

(3) Doctora Arquitecta. Grupo de investigación Arquitectura y Urbanismo más Sostenible (GIAU+S). Universidad Politécnica de Madrid

Resumen. Este trabajo se enmarca dentro de las actividades del Proyecto MODIFICA: Modelo predictivo del comportamiento energético de edificios de viviendas bajo condiciones de isla de calor urbana (BIA2013-41732-R). Financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del programa de I+D+i de 2013, participan en su desarrollo las autoras, junto al grupo de investigación *Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible-ABIO* (UPM). La hipótesis del proyecto es el hecho de que la transformación del suelo para el crecimiento edificatorio de la ciudad de Madrid potencia el efecto de la isla de calor urbana (ICU), modificando de manera sustancial el microclima ciudadano. La ICU es el resultado de la progresiva sustitución de la superficie natural y vegetal por tejido construido, cuyas superficies absorben mayor cantidad de radiación solar. Esta situación, unida a otros factores antropogénicos, aumentan el calentamiento del aire y provocan, en consecuencia, una elevación de la temperatura local. La consecuencia es una modificación del microclima urbano que afecta a las condiciones de confort en el espacio exterior y al comportamiento energético de los edificios y, por tanto, a la calidad de vida de los habitantes.

Palabras clave Clima urbano; isla de calor urbana; cambio climático; confort; espacio público

1 Introducción

Esta comunicación deriva del Proyecto *MODIFICA: Modelo predictivo del comportamiento energético de edificios de viviendas bajo condiciones de isla de calor urbana. BIA2013-41732-R*, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del programa de I+D+i de 2013.

Esta parte de la investigación trata de cuantificar la evolución de la isla de calor urbana en Madrid en los últimos 30 años. Recordamos que la isla de calor urbana es un fenómeno por el cual las áreas edificadas tienen una mayor temperatura que las zonas menos urbanizadas de los alrededores debido a la progresiva sustitución de la superficie natural y vegetal por el tejido edificado. De esta manera, las superficies absorben mayor cantidad de radiación solar y esta situación, unida a otros factores antropogénicos, aumentan el calentamiento del aire y provocan, en consecuencia, una elevación de la temperatura local.

El resultado es una modificación del microclima urbano que afecta a las condiciones de confort en el espacio exterior y al comportamiento energético de los edificios y, por tanto, a la calidad de vida de los habitantes. El crecimiento de la ciudad y las características de la nueva trama edificada determinan la evolución de la isla térmica y el cambio en las condiciones de confort en las diferentes áreas de la ciudad.

2 Metodología de la investigación

Para la obtención de resultados y conclusiones en esta fase de la investigación se parte de los registros de temperaturas obtenidos durante el trabajo de campo del proyecto *MODIFICA*, en el periodo 2015-2016. La toma de datos se ha realizado mediante transectos urbanos, correspondientes a tres direcciones cruzadas que atraviesan áreas edificadas de Madrid y localidades del entorno próximo, con diferentes densidades y tipologías (**Fig. 1**). Las mediciones se han realizado de manera simultánea en todos los casos y para los tres transectos. La intención, además de la obtención de los valores actuales, es poder realizar una comparativa con los datos obtenidos en el año 1985 (López Gómez et al., 1988) para los mismos recorridos, puesto que existen zonas que se mantienen en el mismo estado edificado y otras que han cambiado a lo largo de este periodo. Además, las mediciones se realizaron en condiciones estivales similares (11 de julio en 1985 y 15 de julio en 2015), a las mismas horas (de 21:00 a 23:00 hora solar) y con tiempo estable en ambos casos. Cabe destacar que las temperaturas registradas en julio de 2015 fueron elevadas con respecto a la media del registro histórico de la estación meteorológica de Barajas (aproximadamente 4°C más), debido a una ola de calor que sucedió durante esos días en el centro de la Península, y unida a la tendencia general de elevación de temperaturas producida por el cambio climático.

La posibilidad de relacionar las mediciones, en cada punto escogido de los transectos, con la densidad edificatoria y tipología dominante en el área circundante, permite observar si las variaciones de las temperaturas siguen pautas apreciables que se repitan en función de la trama urbana considerada.



Fig. 1 Transectos realizados en los años 1985 y 2015 para la obtención directa de datos de isla térmica de Madrid. Fuente: Elaboración propia a partir de Núñez, 2016

Para la elaboración del mapa correspondiente a la isla de calor urbana de Madrid para julio de 1985 y 2015 se han utilizado, además de los datos obtenidos en el trabajo de campo, los proporcionados por las Estaciones de Calidad del Aire municipales (ECA) así como por las Estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Todos los registros han sido incorporados en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

3 Evolución de la ocupación del suelo y la isla térmica en Madrid durante el periodo 1985-2015

Como ya han avanzado otros estudios, en la Comunidad de Madrid se ha generado un aumento continuo de la ocupación del suelo por habitante y por vivienda en las últimas décadas. La evolución y expansión de la isla térmica en Madrid no

se ha producido de manera homogénea en todo el territorio. Las mediciones realizadas en 1985 permitieron obtener una primera información sobre la configuración de la misma en el área estudiada. Los datos recogidos durante los años 2015-2016 muestran una relación directa entre los últimos desarrollos urbanos, impulsados principalmente en la primera década del s. XXI, y las variaciones de temperaturas observadas en diferentes puntos de la ciudad, respecto al año de referencia (1985). La cuestión que se plantea es definir los factores urbanos que han tenido mayor influencia en esta modificación del clima de la ciudad de Madrid durante este periodo.

3.1 Ocupación del suelo de 1985 a 2015

Según los datos de Naredo y García, la ocupación total pasó de 112 m² /habitante en 1956, a 196 m² /habitante en 1980 y a 269 m² /habitante en 2005. Es decir, durante el periodo considerado la ocupación del suelo aumentó en un 140% respecto al estado inicial considerado, lo que implicó una importante transformación del territorio y un elevado consumo de recursos naturales (Gomez, 2014). Además, la ocupación por vivienda pasó de 448 m²/vivienda en 1956, a 551 m²/vivienda en 1980 y a 580 m²/vivienda en 2005 (Naredo y García, 2008). Una de las consecuencias de la gran transformación, que ha sufrido este territorio en apenas 50 años, es la modificación del clima urbano, especialmente por el aumento del fenómeno de isla térmica, al que se une el incremento de temperaturas por el cambio climático en la región, tal y como han señalado numerosos estudios (Tapia et al, 2015). En los últimos veinte años (1990-2010) la superficie destinada a usos urbanos en el área metropolitana de Madrid se ha incrementado en un 45%, aproximadamente unas 80.000 Ha (Núñez, 2015).

3.1 Evolución de la isla térmica de 1985 a 2015

La medición de la isla térmica en Madrid en julio de 1985 (López et al, 1988) permitió observar un gradiente decreciente de temperaturas que discurría desde el centro de la ciudad (registros de temperaturas de 28,6 °C) hasta las áreas periféricas (registros de temperaturas de 24, 6 °C), existiendo diferencias de temperatura de hasta 4°C entre las citadas zonas durante la toma de datos. La causa es la propia inercia térmica de la ciudad, generada, en parte, por la transformación de suelos naturales y permeables a suelos urbanos, asfaltados en su mayoría y, por tanto, mucho más impermeables y con un coeficiente de albedo inferior (con mayor capacidad para captar energía en forma de calor). A este hecho se suman, además, los producidos por la presencia de edificios y actividades antrópicas, como el intenso tráfico de vehículos, que aumentan el efecto descrito.

Se observa en el registro de temperaturas, y en la representación gráfica de la isla de calor que aparece en la **Fig. 2**, la influencia de la presencia de una importante masa de vegetación en la zona noroeste de la ciudad de Madrid (*Monte de El Pardo*), cuyos efectos son canalizados por la vaguada del Manzanares. También cabe destacar la presencia del *Parque de El Retiro*, ubicado en el centro de la ciudad, y cuyos efectos refrescantes propician una diferencia de temperaturas con los barrios limítrofes de más de 3°C.

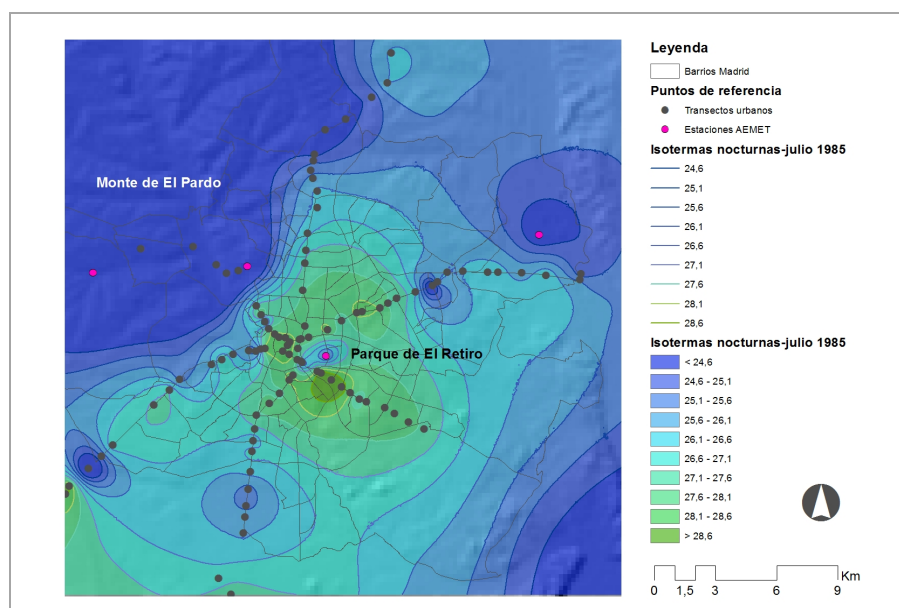


Fig. 2 Isotermas nocturnas (°C) en Madrid, 11 de julio de 1985. Fuente: elaboración propia a partir de López Gómez et al. (1988)

En los registros tomados 30 años después se aprecia cómo la isla térmica se acentúa térmicamente y se extiende hacia las áreas donde los crecimientos urbanos se han desarrollado con más intensidad, concretamente en los barrios noreste, suroeste y sureste de Madrid (**Fig. 3**). También se puede observar la influencia en las temperaturas urbanas de la intervención realizada para “*Madrid Río*”, con el soterramiento de la carretera M-30 y la creación de un parque lineal que discurre paralelo al río Manzanares y que se extiende desde El Pardo hasta Getafe. Actuación que ha propiciado una bajada de las temperaturas y que aumenta en extensión, respecto al año 1985, el efecto propiciado por el *Monte de El Pardo*.

Cabe destacar que en el centro de la ciudad han aumentado los focos de calor, en intensidad y en superficie, respecto al año de referencia, aunque se mantiene la influencia del *Parque de El Retiro* como regulador térmico de gran importancia para esta zona.

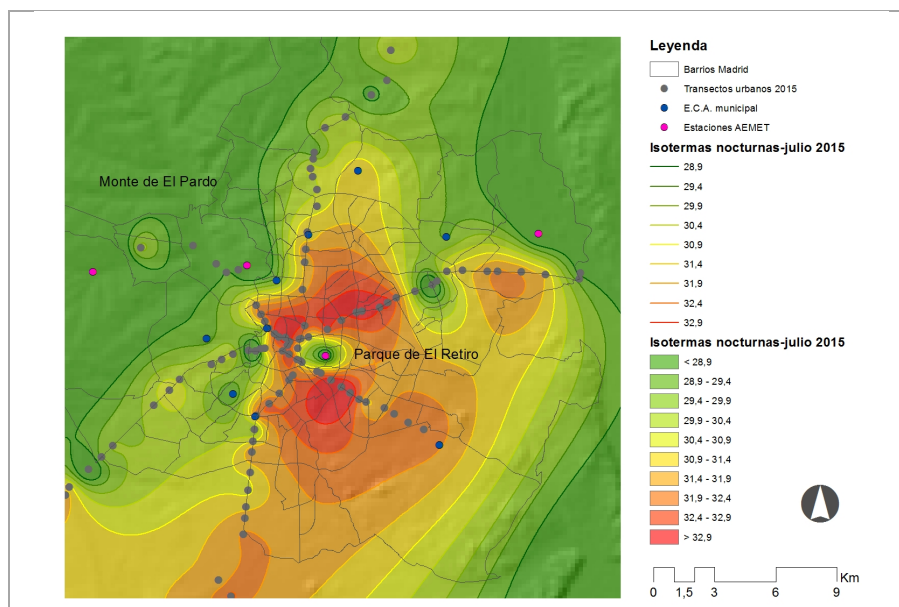


Fig. 3 Isotermas nocturnas (°C) en Madrid, 15 de julio de 2015. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de temperatura obtenidos en el proyecto MODIFICA

4 Relación entre trama urbana y evolución local de isla térmica: dos estudios de caso

A partir de estos datos generales de evolución de la isla térmica en Madrid, se han identificado diversas zonas en las que se ha producido una mayor transformación urbana en los últimos 30 años y, por tanto, sería previsible que también se hubiera producido una mayor modificación local de la isla térmica al comparar los datos de 1985 con los de 2015.

Para la selección de estos casos de estudio se ha utilizado la comparativa de los perfiles de temperaturas obtenidos para los diferentes transectos en las dos fechas de mediciones (verano de 1985 y de 2015), ya que el efecto de la transformación del microclima por efecto de la isla térmica, combinado con el cambio climático, puede llegar a tener un importante impacto en la salud de las personas (Tapia, 2015). Además, se han considerado los mapas, generados mediante tecnología SIG, correspondientes a la isla de calor en ambos periodos (expuestos en puntos anteriores). Con esta información se ha realizado una selección de dos áreas, en detalle, donde las temperaturas han aumentado considerablemente respecto a las

mediciones del año 1985 (> 5°C) (**Fig. 4**) para el estudio local de la evolución de la isla térmica en Madrid:

- **Barrio de las Rejas**, en el distrito de San Blas. Aumento de temperaturas respecto a 1985 entre 5 a 6 °C (isoterma nocturna de 26,1-26,6 °C en 1985 a isoterma nocturna de 31,9-32,4 °C en 2015)
- El “**Ensanche de Vallecas**”, en el distrito de Villa de Vallecas. Variación de temperaturas respecto a 1985 entre 5 a 6 °C (isoterma nocturna de 26,6-27,1 °C en 1985 a isoterma nocturna de 31,9-32,4 °C en 2015)

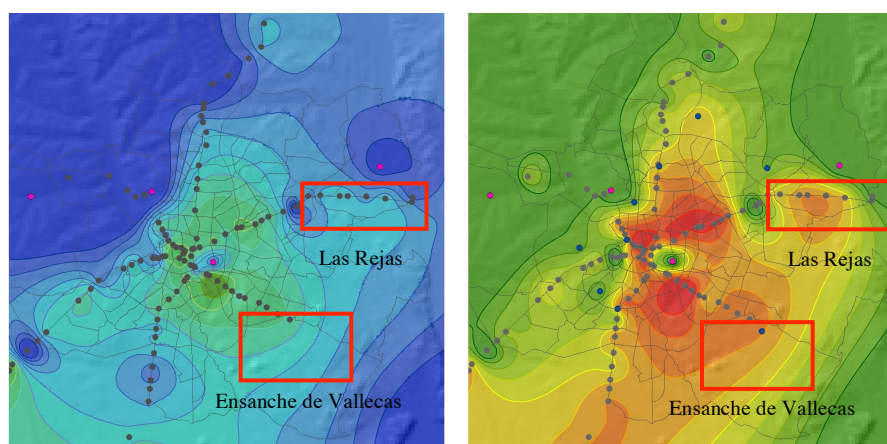


Fig. 4 Selección de los casos de estudio a partir de la comparativa de temperaturas registradas en los dos periodos considerados. Años 1985 y 2015 respectivamente. Fuente: elaboración propia

4.1 Caso de estudio 1. Barrio de las Rejas

Este barrio periférico está ubicado en el distrito de *San Blas*, al noreste de Madrid. Su ubicación geográfica, al sur del aeropuerto de Barajas, entre las autovías A-2, M-40 y M-21, así como la abundancia de polígonos industriales, le confieren un carácter fabril y aislado. Históricamente la población residencial se ha concentrado en la zona oeste del barrio, concretamente en *Ciudad Pegaso*. Los desarrollos urbanísticos considerados por el PGOUM-97 propiciaron la construcción de más de 1.600 viviendas, aumentando considerablemente su población y ocupación en los últimos años¹

Como se puede observar en la **Fig. 5**, el aumento en la ocupación del suelo en el año 2005 es considerable respecto al año 1980, donde prácticamente el único núcleo de población residencial se concentraba en *Ciudad Pegaso* y el resto del ámbito estaba ocupado por desarrollos industriales y áreas sin urbanizar.

¹ Fuente: <http://www.ciudadpegaso.com/cplocalizacionentorno.html> [Fecha de consulta: 24 de agosto de 2016]

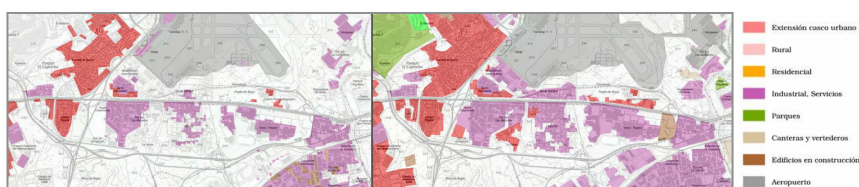



Fig. 5 Comparativa de ocupación del suelo para el barrio de Las Rejas, años 1980-2005.

Fuente: Visor Comparativo-Planea, Dirección General de Urbanismo, Comunidad de Madrid

En la actualidad se puede observar cómo la ocupación del territorio ha seguido aumentando hasta transformar un gran porcentaje de suelo natural en suelo artificial, principalmente asfaltado y con edificaciones residenciales, terciarias e industriales (**Fig. 6**)



Fig. 6 Ocupación del suelo en el barrio de Las Rejas, año 2015. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

 Suelo urbano residencial  Suelo urbano industrial

Al analizar el incremento de temperatura del área se puede observar cómo el principal foco de calor coincide con el área más densa, en la que hay varios centros comerciales (Centro Comercial Plenilunio, Makro Barajas, Media Markt, etc), con amplias playas de aparcamiento asfaltadas, que son zonas impermeables con un coeficiente de albedo bajo, y con escasa de vegetación de porte alto (**Fig. 7**). Sin embargo en las áreas limítrofes al este y oeste de la zona de mayor temperatura se registra un descenso de esta variable. Podría ser debido a la presencia, al oeste, de la *Ciudad Pegaso*, conjunto residencial constituido por bloques en altura, viviendas pareadas y viviendas unifamiliares, con amplios espacios ajardinados y gran presencia de arbolado en el espacio público. En el límite este se aprecia la existencia de grandes solares sin edificar y amplias zonas vegetadas.

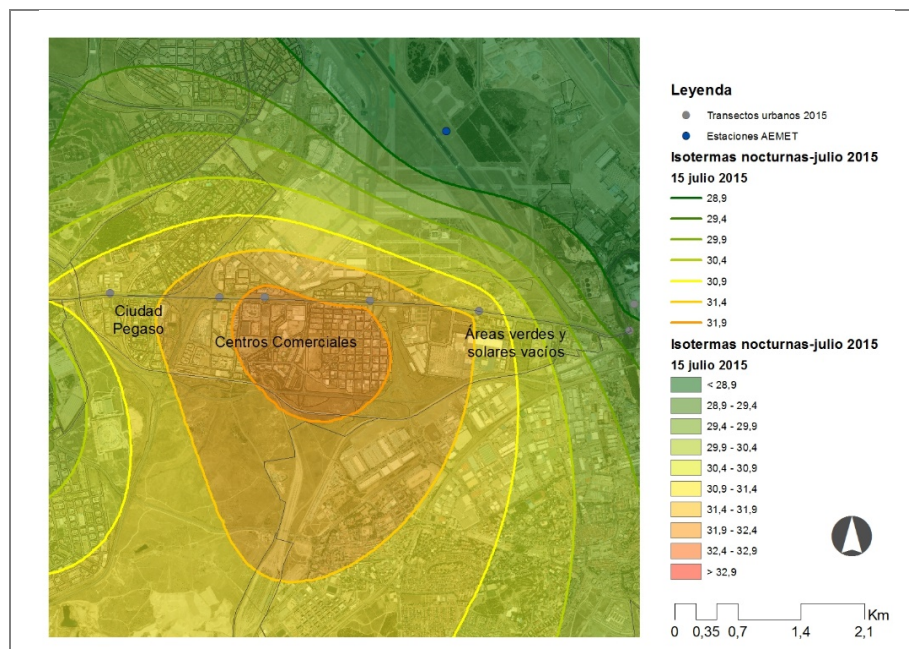


Fig. 7 Isothermas nocturnas en el barrio de Las Rejas, año 2015. Fuente: Elaboración propia

4.2 Caso de estudio 2. *Ensanche de Vallecas*

El Ensanche de Vallecas está ubicado al sureste de Madrid, entre las autopistas M-40 y M-50. En este barrio también se aprecia una considerable ocupación del suelo. En el año 1980, existía el casco antiguo de *Villa de Vallecas* y parte de *Santa Eugenia*, a las que se unía por el oeste el polígono industrial *Vallecas Sur*, tal y como muestra la **Fig. 8**. Sin embargo ya en el año 2005, prácticamente se han colmatado las áreas industriales del oeste y el área residencial entre Vallecas y Santa Eugenia. Además, ha comenzado a desarrollarse el *Plan de Actuación Urbanística de Vallecas*, diseñado en la década de los 90s. Este plan tiene contemplada la ejecución de 28.000 viviendas con equipamientos, que suponen una ocupación de más de 7 millones de m².

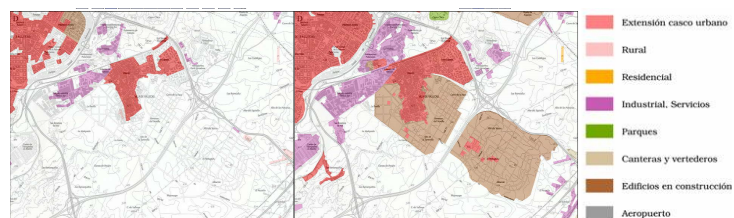


Fig. 8 Comparativa de ocupación del suelo para el Ensanche de Vallecas, años 1980-2005. Fuente: Visor Comparativo-Planea, Dirección General de Urbanismo, Comunidad de Madrid

En 2015 se observa cómo la ocupación del territorio ha seguido aumentando, mediante la ejecución de gran cantidad de edificios de vivienda y equipamientos contemplados en el P.A.U. (**Fig. 9**). A lo que hay que añadir los efectos de la construcción sobre gran parte del ámbito, que ha transformado el suelo natural en suelo asfaltado e impermeable. También la extensión de estas áreas urbanizables, todavía sin edificar, al sur del polígono industrial y al suroeste del casco antiguo.



Fig. 9 Ocupación del suelo en el Ensanche de Vallecas, año 2015. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

 Suelo urbano residencial  Suelo urbano industrial

Durante la toma de datos en 2015 se observó un incremento importante de temperaturas respecto al año 1985, así como un aumento en la extensión de la isla térmica urbana, propiciada por los desarrollos edificatorios antes mencionados. La extensión del foco de calor existente en 1985 en el casco histórico de Villa de Vallecas aumentó considerablemente, efecto propiciado por la densificación de la trama construida correspondiente a los desarrollos industriales y residenciales de esta zona.

Sin embargo, la temperatura se reduce según comienza a disminuir la densidad urbana, debido a los solares vacíos que aún predominan en el área sureste de este ámbito (**Fig. 10**).

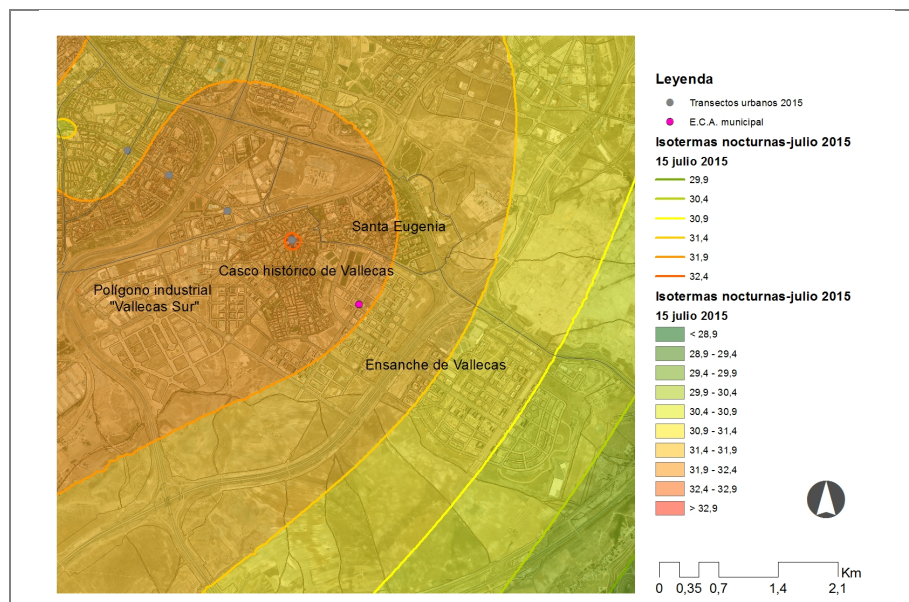


Fig. 10 Isotermas nocturnas en el Ensanche de Vallecas, año 2015. Fuente: Elaboración propia

5 Conclusiones

Esta investigación quiere poner de manifiesto la relevancia de la influencia local de la isla de calor y su relación con la conformación de la trama ciudadana. Según los datos obtenidos en los dos casos de estudio, las variables más relevantes en el incremento de temperatura en estos barrios son el acabado urbano superficial y la densidad edificatoria. A mayor transformación de la superficie natural en superficie pavimentada con importante presencia de edificaciones, mayor ha sido el incremento de temperaturas en el periodo estudiado, encontrándose diferencias de hasta 6°C y que, a pesar de la presencia de una ola de calor, permite apreciar un aumento sistematizado de las temperaturas a medida que la superficie natural ha ido sustituyéndose por asfalto. La falta de urbanización, la presencia de árboles y zonas de vegetación atenúan el efecto isla térmica en estos espacios. Esta conclusión abriría las posibilidades de mejora del clima urbano de estas zonas con tratamientos de pavimentos fríos, revegetación, y edificaciones con aislamientos exteriores.

La ampliación de estos estudios locales de isla de calor al resto de barrios de Madrid permitiría identificar aquellas zonas en las que se producen peores condiciones y los acabados superficiales que tienen una mayor influencia en la modificación del microclima. De esta manera se podría establecer un programa de mejo-

ras del espacio público en Madrid adaptado a las condiciones de cada barrio que atenuara el efecto de isla de calor y aumentara el confort urbano y por extensión el de la edificación.

Estos datos serían de aplicación para otras poblaciones con condiciones geográficas afines, que no fueran capaces de realizar estudios específicos, así como para situaciones futuras derivadas de cambios en la ordenación urbana.

6 Citas y Referencias

- Comunidad de Madrid. Información cartográfica y territorial. <http://www.madrid.org/cartografia/planea/cartografia/html/web/index.htm>. [Fecha de consulta 10 de agosto de 2016]
- Ciudad Pegaso: <http://www.ciudadpegaso.com/cplocalizacionentorno.html> [Fecha de consulta: 24 de agosto de 2016]
- Fernández García, F. (2002). El clima urbano de Madrid y su influencia sobre el confort térmico. *Boletín de La Real Sociedad Geográfica*, 137-138, 12.
- Gómez Muñoz, G (2014) Método de análisis diacrónico para la intervención en el alojamiento con criterios ecológicos. El caso de Madrid 1940–2100. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid
- López Gómez, A., López Gómez, J., Fernández García, F., & Arroyo Ilera, F. (1988). El Clima urbano de Madrid: La isla de calor. Madrid: CSIC.
- López Moreno, H. (2015) Hacia una evaluación energética de la influencia de la isla de calor urbana en la morfológica urbana de Madrid. Tesina final, Master de Medio Ambiente y Arquitectura Bioclimática. Universidad Politécnica de Madrid
- Naredo, J. M., García, R. (Coord.) (2008) Estudio sobre la ocupación de suelo por usos urbano-industriales, aplicado a la Comunidad de Madrid. Ministerio de Medio Ambiente. <http://habitat.aq.upm.es/oscam/>
- Núñez Peiró, M (2015) La isla de calor urbana de Madrid. Principios de integración en simulación energética edificatoria. Tesina final, Master de Medio Ambiente y Arquitectura Bioclimática. Universidad Politécnica de Madrid
- Santamouris, M. (2007). Heat Island Research in Europe: The State of the Art. *Advances in Building Energy Research*, 1(1), 123–150. doi:10.1080/17512549.2007.9687272
- Tapia, C., Abajo, B., Feliu, E., Fernández, J. G., Padró, A., Castaño, J. (2015) Análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático en el municipio de Madrid. Ayuntamiento de Madrid

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Programa de I+D+I orientada a los retos de la sociedad “Retos Investigación” del Ministerio de Economía y Competitividad. Código BIA2013-41732-R, Proyecto MODIFICA: Modelo predictivo del comportamiento energético de edificios de viviendas bajo condiciones de isla de calor urbana. Los autores también desean agradecer a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y al Sistema Integral de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid por los datos climáticos cedidos para el desarrollo de esta investigación.