

---

# ESTUDIO DE DETALLE DEL CLIMA URBANO DE MADRID

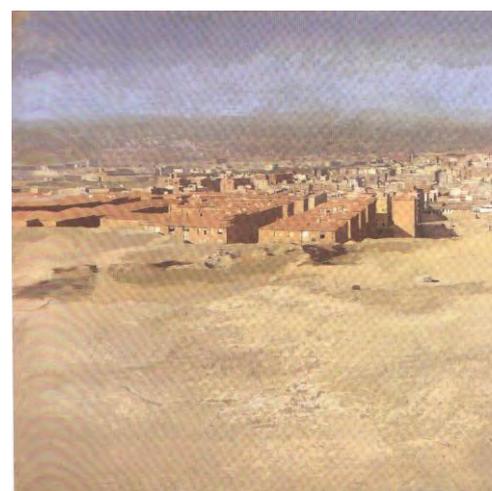
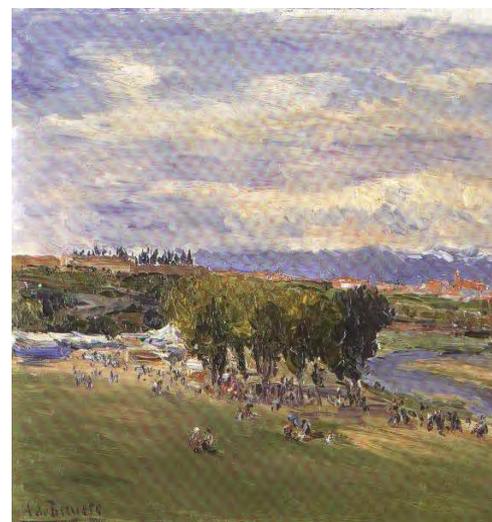
---

Felipe Fernández García y  
Fernando Allende Álvarez (dir.)  
Domingo Rasilla Álvarez  
Alberto Martilli  
Jorge Alcaide Muñoz

ABRIL 2016



AYUNTAMIENTO DE MADRID  
ÁREA DE GOBIERNO DE MEDIO AMBIENTE  
Y MOVILIDAD  
DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD  
Y CONTROL AMBIENTAL



**Trabajo realizado para el Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad. Ayuntamiento de Madrid**

**Título:** ESTUDIO DE DETALLE DEL CLIMA URBANO DE MADRID

**Autores:**

Felipe Fernández García  
Fernando Allende Álvarez  
Jorge Alcaide Muñoz  
(Departamento de Geografía de la UAM)  
Domingo Rasilla Álvarez  
Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio de la  
Universidad de Cantabria  
Alberto Martilli  
CIEMAT. División de Contaminación Atmosférica

**Créditos de portada:**

Frederike. *Vista del Manzanares desde Madrid*. Siglo XIX  
Antonio de Beruete y Moret. *Madrid desde la Pradera de San Isidro*. 1912  
Antonio López García. *Vallecas*. 1977-1981

---



# ÍNDICE

<b>1.- Introducción: justificación, contenido y estructura</b>	<b>1</b>
1.1.- Clima urbano, isla de calor y cambio climático	4
1.2.- Implicaciones bioclimáticas del clima urbano: Temperatura fisiológica (PET)	7
<b>2.- Método</b>	<b>9</b>
2.1.- El sistema de información climático-ambiental de Madrid (SICAMAD)	11
2.2.- Bases de datos primarias	12
2.2.1.- Datos climáticos. Estaciones meteorológicas	12
2.2.2.- Obtención de la temperatura Superficial (Land Surface Temperature) a partir de datos MODIS	14
2.2.3.- Base de datos geográfica	17
2.3.- Bases de datos derivadas	19
2.4.- Modelos de distribución espacial	22
<b>Anexo 2.1.- Validación y depuración de series</b>	<b>24</b>
<b>Anexo 2.2.- Capas de información y base de datos asociadas</b>	<b>28</b>
<b>Anexo 2.3.- Matrices de correlación</b>	<b>33</b>
<b>Anexo 2.4.- Modelos de regresión. Parámetros significativos.</b>	<b>36</b>
<b>3.- Resultados</b>	<b>40</b>
3.1.- Caracterización de episodios cálidos y de olas de calor registrados en el área de Madrid	41
3.1.1.- Delimitación de umbrales térmicos	41
3.1.2.- Frecuencia y evolución de las olas de calor en el periodo 1961-2015	42
3.1.3.- Tendencias futuras	47
3.2.- Análisis de la isla de calor en los días normales de verano y durante los episodios cálidos y patrones de distribución espacial.	50
3.2.1.- Intensidad, frecuencia y duración de la isla de calor	50

3.2.2.- Patrones de distribución espacial	54
3.2.2.1.- Intensidad de la isla de calor en el área metropolitana	55
3.2.2.2.- Intensidad de la isla de calor en el municipio de Madrid	59
3.3.- Impacto de la isla de calor: Distribución espacial	62
3.3.1.- Mapa de impacto en el área metropolitana y el municipio de Madrid	63
3.3.2.- Mapas de impacto de los barrios de Madrid	65
4.- Conclusiones y propuestas	196
4.1.- Suelo no urbanizado o urbanizado consolidado de densidad media y baja (grandes escalas)	197
4.2.- Suelo consolidado (escalas medias y de detalle)	199
 Bibliografía	 204

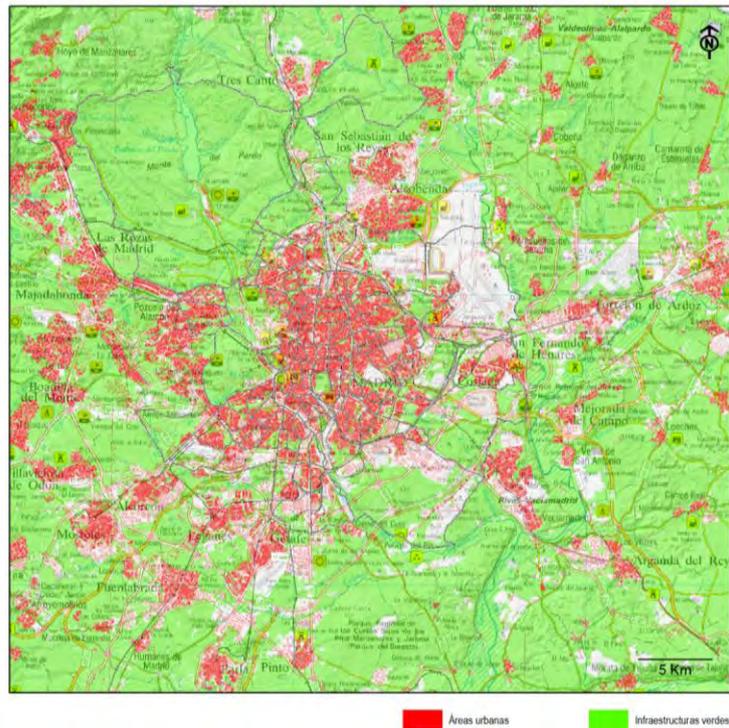


# **1. introducción**

El cambio climático es el principal problema ambiental de la actualidad y las ciudades desempeñan un papel muy importante, como las principales causantes del efecto de invernadero y, al mismo tiempo, como las zonas más vulnerables a los efectos negativos de este cambio. Como se recoge en numerosos informes, aunque el área ocupada por las ciudades apenas representa el 2% de la superficie del planeta, en ellas se consume más del 75% de los recursos naturales y de ellas proceden más del 80% de las emisiones de gases a la atmósfera. Por otro lado, las transformaciones que la ciudad crea en el clima local y la formación de la conocida como isla de calor urbana, agudizan los efectos del calentamiento especialmente en verano y durante las olas de calor. El imparable proceso de urbanización y el elevado número de personas que viven en las ciudades, ha dado lugar al desarrollo de una serie de actuaciones dirigidas a la mitigación del impacto urbano sobre clima global y la mejora de las condiciones ambientales en los entornos urbanos.

La ciudad de Madrid es un área especialmente vulnerable, por su tamaño, con una población de riesgo muy elevada; por las condiciones climáticas regionales, con veranos muy cálidos, y por el intenso proceso de artificialización (**Fig. 1.1**) que favorece la formación de un clima urbano muy bien desarrollado con un elevado número de días con islas de calor muy intensas. A todo ello se une su situación en el interior peninsular, donde los efectos del cambio climático serán muy acusados, tal y como indica la Agencia Europea de Medio Ambiente (2012), que estima que en los países del sur de Europa se producirá un aumento muy importante de las olas de calor, con fuertes aumentos en la demanda eléctrica en verano y el consiguiente aumento de las emisiones de contaminantes, así como un aumento del estrés térmico estival.

En este contexto, en 2014 el Ayuntamiento de Madrid puso en marcha el **Plan de usos sostenible de la energía y prevención del cambio climático de la ciudad de Madrid. Horizonte 2020**, cuyo objetivo consiste en establecer un marco estratégico que integre las medidas de eficiencia energética, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y adaptación frente al Cambio Climático que la ciudad de Madrid desarrollará a lo largo del periodo 2014-2020. El seguimiento y control de las condiciones microclimáticas ocupan un lugar preferente entre las acciones propuestas destacando el estudio de las condiciones microclimáticas de la ciudad a partir de la obtención de valores para las variables a escala distrito municipal y barrio. Se contempla, además, la utilización de diferentes fuentes de información para las variables climáticas y la incorporación de factores bioclimáticos en la rehabilitación y regeneración urbana o en los nuevos desarrollos urbanísticos.



**Figura 1.1** Distribución de zonas urbanas e infraestructuras verdes en el Área metropolitana de Madrid

En este contexto presentamos este estudio, cuyos objetivos fundamentales se concretan en conocer de qué modo la presencia de una ciudad como Madrid modifica las condiciones climáticas naturales de su entorno, qué estructuras y morfologías urbanas contribuyen de manera más acusada a estos cambios y cuáles son los impactos sobre el grado de confort y bienestar de sus habitantes.

En la estructura del trabajo quedan reflejadas de manera concisa las cinco tareas planteadas en la oferta inicial:

1. **Caracterización de episodios cálidos y de olas de calor registrados en el área de Madrid (apartado 3.1 de los RESULTADOS)** cumpliéndose los compromisos relativos al análisis de las series térmicas de 1961-2015, a partir de los datos diarios de temperatura registrados en el observatorio de Barajas y de las series derivadas de los modelos de simulación climáticos hasta el año 2100.
2. **Análisis del comportamiento de la isla de calor urbana en los días medios de verano y durante los episodios cálidos (apartado 3.2 de los RESULTADOS)** a partir de los datos

diarios y horarios de las temperaturas registradas en los observatorios pertenecientes a diferentes redes de medición existentes en Madrid y su área metropolitana (la Red Municipal, la de Contaminación y los de la AEMET), en el periodo 2001-2015.

**3. Creación de una base de datos georreferenciada (apartados 2.2 y 2.3 de la METODOLOGÍA y FUENTES),** en la que se integran datos climáticos y las variables urbanas.

**4. Cartografía de la modelización de la isla de calor de la ciudad de Madrid (apartado 3.2 y 3.3 de RESULTADOS),** en los periodos normales de verano (días con temperaturas máximas inferiores a 36,5°C) y los días cálidos (con temperaturas máximas superiores o iguales a 36.5°C), del periodo 2001-2015.

**5.- Delimitación de zonas del municipio, donde los efectos de la ola de calor se vean agudizados (hot spots) como consecuencia de la isla de calor urbana (apartado 3.3 de RESULTADOS y 4 de CONCLUSIONES Y PROPUESTAS).** Se han obtenido combinando la intensidad de la isla de calor y el valor de la PET en las noches cálidas de verano.

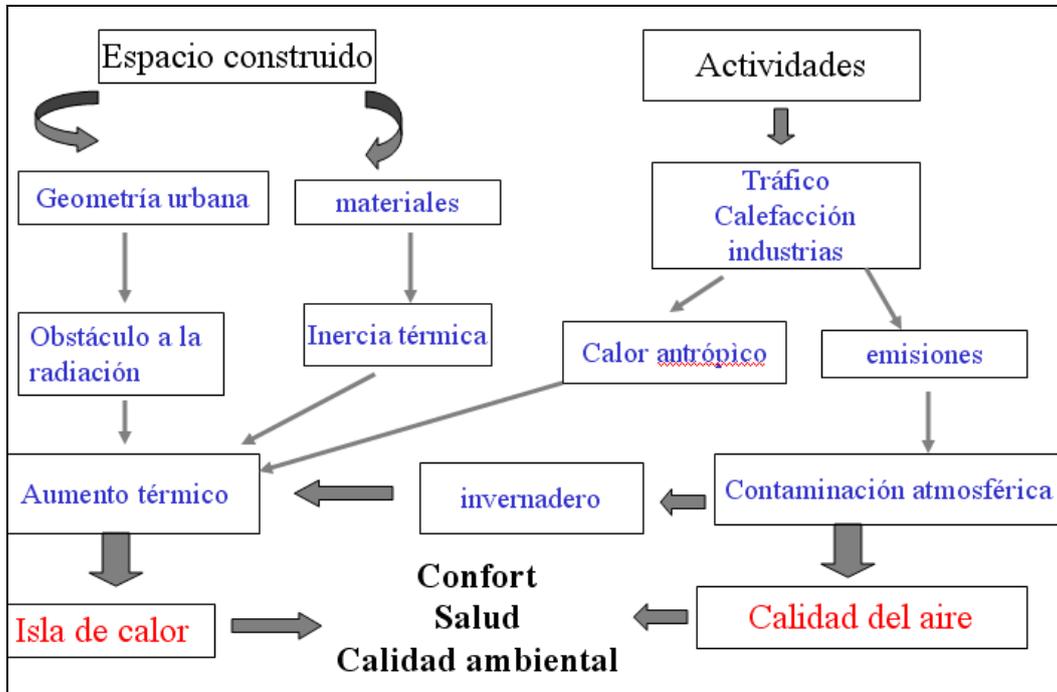
*Se adjunta un CD con la copia digital del trabajo en formato pdf y Word, además en el mismo CD se incluyen las capas de información elaboradas en formato vectorial (ESRI shapefile) y raster (ESRI GRID) especificadas en el contrato. En el anexo 2.2 se especifican las características de que cumplen las diferentes capas de información.*

### **1.1.- Clima urbano, isla de calor y cambio climático.**

La ciudad constituye la forma más radical de transformación del paisaje natural y su aparición da lugar a un espacio eminentemente antropizado en el que la actuación del hombre se manifiesta, no sólo en las componentes visuales del paisaje (el plano y la morfología), sino que también afecta a la calidad del aire y al clima: la composición de la atmósfera urbana sufre importantes modificaciones como consecuencia de las emisiones procedentes de multitud de focos de emisión, puntuales (calefacciones domésticas y establecimientos industriales) y difusos, asociados al tráfico rodado; las variables climáticas propias del área geográfica donde se localiza la ciudad sufren, también, importantes transformaciones como consecuencia del espacio construido: el asfalto, los edificios y el trazado de la red viaria modifican los balances de radiación entre el suelo y el aire, reducen la evaporación, aumentan la escorrentía superficial y disminuyen la velocidad del viento a la vez que aumenta la turbulencia. Todo ello se traduce en

un clima urbano característico, cuyo rasgo más sobresaliente es el aumento de la temperatura en relación a las áreas próximas, efecto conocido como isla de calor urbana (Fig. 1.2).

Figura 1.2 Sistema climático-ambiental urbano.



(Fuente: Felipe Fernández, 1996)

La isla de calor urbana ICU (UHI, Urban Heat Island) es la variable que mejor define este clima y en cualquier ciudad se pueden distinguir dos tipos: la primera, denominada **isla de calor atmosférica (ICUa)** que representa las diferencias en la temperatura del aire entre las zonas urbanas y las rurales; la segunda, denominada **isla de calor superficial (ICUs)**, es similar al anterior, pero en este caso las diferencias se establecen entre los valores térmicos de los materiales urbanos (pavimento, aceras, tejados de los edificios etc) y los de las superficies naturales como vegetación y cultivos (Voogt, J.A. and T.R. Oke. 2003). Entre ambas se pueden observar diferencias en los mecanismos de formación, las técnicas empleadas para su identificación y las medidas de mitigación (Tab. 1.1).

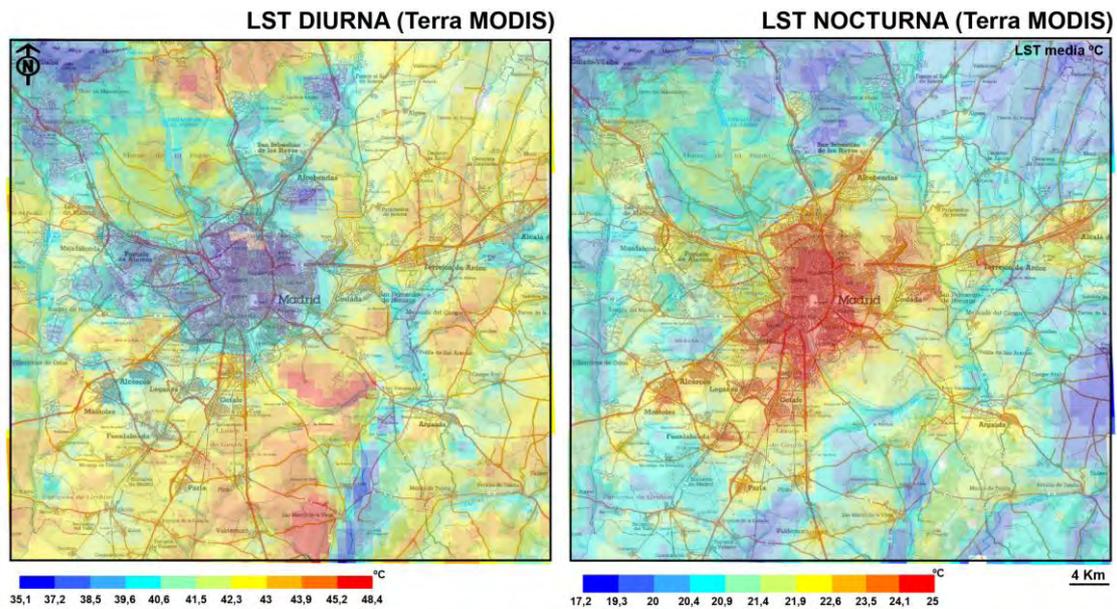
**Tabla 1.1** Características de la isla de calor atmosférica y la isla de calor superficial

	<b>Isla de calor atmosférica</b>	<b>Isla de calor superficial</b>
<b>Ritmo temporal</b>	-Débil o inexistente durante el día -Máxima intensidad en invierno y durante la noche	-Se mantiene durante el día y la noche -Máxima intensidad durante el día y en verano
<b>Métodos de identificación</b>	-Estaciones meteorológicas -Transectos térmicos	-Teledetección -Sensores remotos
<b>Representación</b>	-Mapas	-Imágenes térmicas
<b>Mitigación</b>	-Morfología y estructura urbana -Aumento zonas verdes	-Modificación tipo de materiales

*(Fuente: EPA, 2003, modificado)*

Tanto una como otra están muy influenciadas por los usos del suelo y las diferentes tipologías urbanas, lo que determina que durante el día la temperatura superficial presente importantes oscilaciones, provocadas, tanto por los contrastes entre zonas expuestas al sol y las sombras creadas por los edificios, como por la gran variedad de materiales presentes en el escenario urbano; durante la noche ambas curvas siguen un ritmo similar con los picos más altos en las zonas de mayor densidad edificatoria.

La isla de calor, por tanto, se produce fundamentalmente durante la noche, cuando el calor almacenado por el asfalto y los edificios es reemitido a la atmósfera en forma de radiación de onda larga y aumenta la temperatura del aire dentro de la ciudad varios grados por encima de la temperatura registrada en las áreas no urbanas; durante el día la mayor capacidad calorífica de los materiales urbanos, así como las múltiples sombras provocadas por los edificios mantienen la ciudad más fría que los alrededores, hablándose incluso de isla de frescor (**Fig. 1.3**)



**Figura 1.3** Isla de frescor diurna y de calor nocturna en el área metropolitana de Madrid, obtenida a partir de la temperatura superficial

## 1.2.- Implicaciones bioclimáticas del clima urbano: Temperatura fisiológica (PET)

La intensidad de la isla de calor es un buen indicador del malestar ambiental asociado al exceso de calor, sin embargo son cada vez más los autores que utilizan la temperatura fisiológica equivalente, conocida por sus siglas en inglés como PET (Physiological Equivalent Temperature) como indicador de los impactos asociados a la isla de calor (Ketterer, C, Matzarakis, A. (2014), Mirzaei PA, Haghghat F (2010), Alcoforado MJ, Andrade H (2006) Ren, C., Ng, E. and Katxschner L (2011) Sanginés Coral, D (2013). La PET se expresa en °C y en su cálculo intervienen la temperatura del aire, la humedad y el viento, además de la radiación solar y la emitida por los materiales que componen el escenario urbano, variables todas ellas que influyen en el balance de radiación entre el cuerpo humano y su entorno y que expresa de forma mucho más realista las sensaciones térmicas percibidas.

La Temperatura Fisiológica se define como *la temperatura de un entorno de referencia, en el que la percepción de frío o calor sería la misma que en las circunstancias reales*. Así, una PET de 43 °C indica que el ocupante de una sala en la que la temperatura del aire fuese de 43 °C, alcanzaría el mismo grado de estrés térmico que en las condiciones externas donde se registra el valor enunciado. En el espacio de referencia las condiciones ambientales se reducen a una temperatura media radiante igual a la del aire; una velocidad del aire de 0.1 m/s y humedad relativa del 50%; en estas condiciones la neutralidad térmica, o lo que es lo mismo, la sensación

de confort se alcanza con una de PET de 20°C. Cuando se modifican algunos de los valores iniciales, lógicamente, variará el valor de la PET y la sensación térmica, tal y como se muestra en el cuadro siguiente (**Tab. 1.2**)

**Tabla 1.2** Valores de la PET en diferentes ambientes

	Ta °C	Tmr °C	v m/s	Vp hPa	PET °C
En espacio interior	21	21	0.1	12	21
Invierno al sol	-5	40	0.5	2	10
Invierno a la sombra	-5	-5	5	2	-13
Verano al sol	30	60	1	21	43
Verano a la sombra	30	30	1	21	29

*Fuente: (Höppe, 1999)*

Todo esto es válido para una persona de 35 años, varón, de 1.75 metros de estatura y 75 kg de peso; el vestido es el adecuado a las condiciones normales del entorno, 0.5 clo en verano y 1.8 en invierno y su actividad se reduce a un paseo tranquilo, 4 km/h, y en terreno llano, lo que representa una producción de calor interno equivalente a 2 met.

Volviendo al cuadro, es interesante observar las importantes desviaciones que con respecto a la temperatura del aire experimenta la PET, en función de los valores de la temperatura radiante: así en un día con 30°C de temperatura ambiente, la temperatura radiante puede alcanzar 60 °C y el valor del índice los 43°C; si ambas temperaturas, la del aire y la radiante, se igualan el índice desciende a 29°C. Esta gran diferencia parece reflejar bastante bien la realidad, especialmente en las zonas urbanas donde, como cualquiera de nosotros habrá experimentado, las condiciones térmicas pueden variar muy rápidamente y de forma notoria al pasar de la sombra al sol, o por una zona asfaltada o cubierta de césped.

## **2. método**

La metodología utilizada sigue las pautas de la actual climatología urbana, surgida en el último tercio del siglo pasado ante la evidencia de que los cambios climáticos producidos por la ciudad podrían tener repercusiones muy importantes a escala global y que las ciudades son las piezas claves en las políticas de mitigación del calentamiento global.

Como objetivo prioritario se plantea definir y caracterizar para cada ciudad lo que algunos autores han denominado *el clima urbano ideal*, entendiendo como tal aquel que permita a los habitantes de las ciudades gozar de un aire limpio y una ausencia de estrés, mediante una correcta planificación. Para ello los dos retos a los que se enfrentan son, por un lado, la prevención de situaciones de riesgo asociadas al estrés térmico, por otro, la caracterización de las estructuras y materiales urbanos que mejor respondan a la amortiguación de la isla de calor. En relación a ellos las líneas de investigación prioritarias se pueden agrupar en tres grandes apartados:

- El desarrollo de modelos para el análisis del clima urbano, incorporando la teledetección y los Sistemas de Información Geográficos (SIG),
- La búsqueda de nuevos índices capaces de reflejar las condiciones de confortabilidad en espacios abiertos, como la PET (Physiological Equivalent Temperature) y el establecimiento de escalas, que permitan determinar las respuestas de la persona ante unas condiciones climáticas específicas y
- La generación de una cartografía climática que sirva de instrumento válido para su aplicación en la planificación urbana.

Son numerosos los trabajos y proyectos que se están llevando a cabo como los realizados en la ciudad sueca de Gothenburg (Svensson and Eliasson, 2002), Lisboa (Andrade, H, 2003 y Andarade y Alcoforado, 2006). La Agencia Espacial Europea (ESA), por su parte, financió la campaña DESIREX, desarrollada en Madrid durante el verano de 2008, como avance del proyecto *Urban heat island and urban thermography*, que se desarrollará en 10 ciudades europeas durante los próximos años (Sobrino et al, 2012, 2013).

En Madrid los primeros estudios se remontan al año 1984 con un primer estudio sobre la isla de calor (López Gómez y Fernández García, 1981) y desde entonces se han venido desarrollando otros trabajos que tocan diferentes aspectos del clima urbano de nuestra ciudad (Fernández, F y Martilli, A, 2011).

## 2.1.- El sistema de información climático-ambiental de Madrid (SICAMAD).

La metodología empleada en este trabajo se articula en torno a creación de un **sistema de información climático- ambiental de Madrid (SICAMAD)** (Tab.2.1).

**Tabla 2.1** Esquema y contenidos del SICAMAD (Fernández García, F. 2013)

<b>1.1 GENERACIÓN Y ELECCIÓN DE BASES DE DATOS PRIMARIAS</b>			
Usos del suelo/estructuras urbanas (Urban Atlas, 2006); SIOSE (2005)	MDE Modelo digital de elevaciones	Temperatura de superficie MODIS	Temperatura del aire, Humedad relativa y velocidad del viento. Redes meteorológicas
<b>1.2 GENERACIÓN DE BASES DE DATOS DERIVADAS (REJILLA DE 500 M<sup>2</sup>)</b>			
Porcentaje de los diferentes usos Índices derivados (Compacidad, área permeable, impermeable)	Altitud media, orientación, pendiente	Temperatura superficial	Temperatura del aire Humedad relativa Velocidad del viento
<b>2. MÉTODOS. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS Y GEOESTADÍSTICAS FUNCIONES DE CORRELACIONES/INTERPOLACIÓN</b>			
<b>3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL. CARTOGRAFÍA A DIFERENTES ESCALAS ÁREA METROPOLITANA/MUNICIPIO DE MADRID/ BARRIOS</b>			
Mapas térmicos isla de calor atmosférica	Mapas térmicos isla de calor superficial	Mapas bioclimáticos PET	Mapa de impactos de la isla de calor

Tres son los grandes apartados:

- El primero, consiste en la creación de una base de datos que permita comparar variables climáticas y urbanas,
- El segundo, trata de evaluar las relaciones existentes entre ambas, mediante la aplicación de técnicas estadísticas y geoestadísticas,
- El tercero, la modelización espacial de las principales variables y la obtención de mapas climáticos y bioclimáticos a diferentes escalas.

## **2.2.- Bases de datos primaria**

Se ha partido del análisis de dos bases de datos, una climática y otra con los usos de suelo, altitud, orientación y pendiente; ambas han sido integradas en una malla reticular 500 metros de lado, que cubre una superficie de 2500 km<sup>2</sup> del entorno de Madrid. Como herramientas de análisis se han utilizado el SIG comercial ArcView 10.1, el paquete estadístico SPSS 13 y la hoja de cálculo Excel y se ha creado un Sistema de Información Geográfica, en el que la información presenta un carácter dinámico que puede ser modificada, corregida o aumentada, generando nueva información a partir de la inicial.

### **2.2.1.- Datos climáticos. Estaciones meteorológicas**

Proceden de dos fuentes: los obtenidos por teledetección y los registrados en las estaciones meteorológicas de superficie.

Los primeros forman una superficie continua, cuya densidad, depende del tamaño del pixel de la imagen. Los segundos son datos puntuales referidos al punto donde se localiza de la estación meteorológica. En este último caso el número de estaciones y su localización constituyen un serio obstáculo: las redes meteorológicas oficiales tienen como objetivo fundamental la caracterización del clima regional por lo que su emplazamiento trata de evitar influencias locales; por otro lado, la creación de una red climática dentro de la ciudad plantea multitud de problemas derivados de la misma complejidad del entramado urbano (Oke, 2006). Por ello son numerosos los estudios en los que se han utilizado fuentes de información no convencionales (Grimmon, 2006) gracias a las cuales se ha podido obtener interesantes resultados: en unos casos será

necesario contar con estaciones de primer orden, sin cambio de emplazamiento y con series largas para determinar la influencia de la urbanización como agente modificador del clima regional (p.e. la comparación entre los datos del aeropuerto de Barajas, como observatorio representativo del clima regional y el del parque del Retiro, como observatorio urbano); en otros, será muy útil contar con redes más densas y de menor calidad, pero representativas del entorno próximo para analizar las diferencias climáticas intraurbanas.

En Madrid existen 3 redes pertenecientes a organismos *oficiales*, cuya localización aparece en la figura 2.1.

- La primera corresponde a los observatorios de la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), formada por 8 observatorios, de los cuales 5 son de primer orden y cuatro de ellos (Barajas, Getafe Cuatro Vientos y Retiro) tienen series largas, desde 1961. Además, tres de ellos, se localizan dentro de los límites municipales, pero en áreas periféricas o en parques.
- Las dos siguientes, pertenecen al Ayuntamiento de Madrid: una de ellas perteneciente a la Red de Vigilancia de la Contaminación Atmosférica, formada por 9 estaciones y la siguiente a la Red Municipal, creada por el Ayuntamiento de Madrid en 2001 y formada por 7. Todas ellas suministran datos diarios y horarios de las principales variables meteorológicas.

De forma complementaria se utilizaron otras redes como la del grupo Meteoclimatic y la del grupo Geoclima, que, aunque tienen registros más esporádicos, forman una red bastante más densa cubriendo espacios urbanos más diferenciados.

Los datos utilizados han sido los máximos y mínimos diarios de temperatura, humedad relativa, viento y nubosidad, desde 1961 a 2015, en los observatorios de Barajas y Retiro y con datos diarios y horarios de temperatura, humedad, viento durante el periodo 2001-2015, en el resto.

Las bases de datos fueron sometidas a un control de calidad y validación consistente en la identificación y eliminación de los datos erróneos, la sustitución de los mismos y relleno de lagunas originales con valores estimados a partir de los observatorios vecinos en funcionamiento **(Anexo 2.1)**

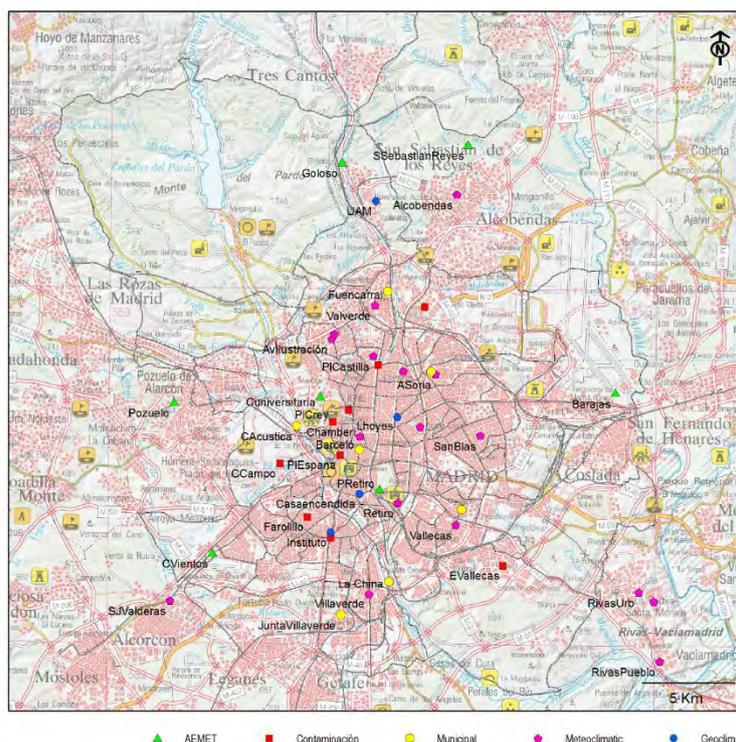


Figura 2.1 Localización de observatorios de las redes meteorológicas del área de Madrid

### 2.2.2.- Obtención de la temperatura Superficial (Land Surface Temperature) a partir de datos MODIS

Como referencia para la obtención de la temperatura superficial se utilizó la LST (Land Surface Temperature) procedente de los productos MODIS MOD11 (Terra) y MYD11 (Aqua).

La información original se seleccionó en el visor de búsqueda y descarga de imágenes del USGS (United States Geological Survey) que cuenta con un menú de descarga que permite detectar qué imágenes tienen óptimas condiciones. La selección del cuadrante se mantuvo fija para las escenas con referencia 17/7 (Horizontal Tile Number/Vertical Tile Number) descargando la información de temperatura superficial tanto para el día como para la noche (aprox. las horas de pasada son 10:30 AM y 22:30 PM). La resolución estimada fue de 1 km, aunque ha sido validada para 0.5 Km (General Accuracy Statement, MODIS land team, consulta 2016).

Se descargaron un total de 312 juegos de imágenes (series de 8 días) e imágenes concretas (datos diarios para los días 12, 13, 14, 15, 16 y 17 de julio de 2015) en formato HDR (imágenes de alto rango dinámico). Las imágenes de cada año se descomponen en lotes o *stacks* con un mínimo de 11 datasets que contienen información de temperatura superficial, calidad y precisión del dato recibido, emisividad y nubosidad. El análisis de estas características permitió discriminar

aquellas que cumplieran unos criterios mínimos de validez (**Tab. 2.2**). Estos criterios están reflejados en las características de la documentación asociada a las imágenes y pueden ser de 5 tipos:

- *MODIS-L1B data was not available for days 2000219 - 2000230 due to L1B formatter anomaly.050429132836*
- *LST is retrieved at good accuracy for most clear-sky pixels. Larger errors may occur in semi-arid and arid regions and cloud edges. Discretion should be exercised in use of this product.050429115741*
- *LST is retrieved at reasonable accuracy. Larger error may occur in cloud edges semi-arid and arid regions. Emissivity may be missing at pixels where daytime LST or nighttime LST was removed due to cloud contaminations but one of them is still available 2010-06-30 17:31*
- *L1B data was not available for data days 2001166 - 2001183. MODIS was OFF on these days after being shut off on 2001166 due to SAA 2010-06-30 16:46*
- *See [http://landweb.nascom.nasa.gov/cgi-bin/QA\\_WWW/qaFlagPage.cgi?sat=terra](http://landweb.nascom.nasa.gov/cgi-bin/QA_WWW/qaFlagPage.cgi?sat=terra) the product Science Quality status.*

La información procedente de MODIS fue incorporada a un SIG (ArcGIS 10.2) transformando los ficheros HDR referidos a las series LST\_Day\_1km\_MODIS\_Grid\_8Day\_1km\_LST, LST\_Night\_1km MODIS\_Grid\_8 Night\_1km\_LST, LST\_Day\_1km MODIS\_Grid\_Daily Night\_1km\_LST y LST\_Night\_1km MODIS\_Grid\_Daily Night\_1km\_LST en formato GRID de ArcGIS 10.1 para la realización de las transformaciones y conversiones necesarias en un entorno SIG. Para optimizar los cálculos y extracciones se generó una máscara con el área de trabajo y se transformaron las imágenes de la proyección sinusoidal nativa al sistema ETRS89. Posteriormente la información fue reescalada a 0.02 tal como se especifica en la guía de referencia del producto MODIS (Wan, 2006) y se realizó una conversión de grados Kelvin (imágenes originales) a grados centígrados (**Fig 2.2**).

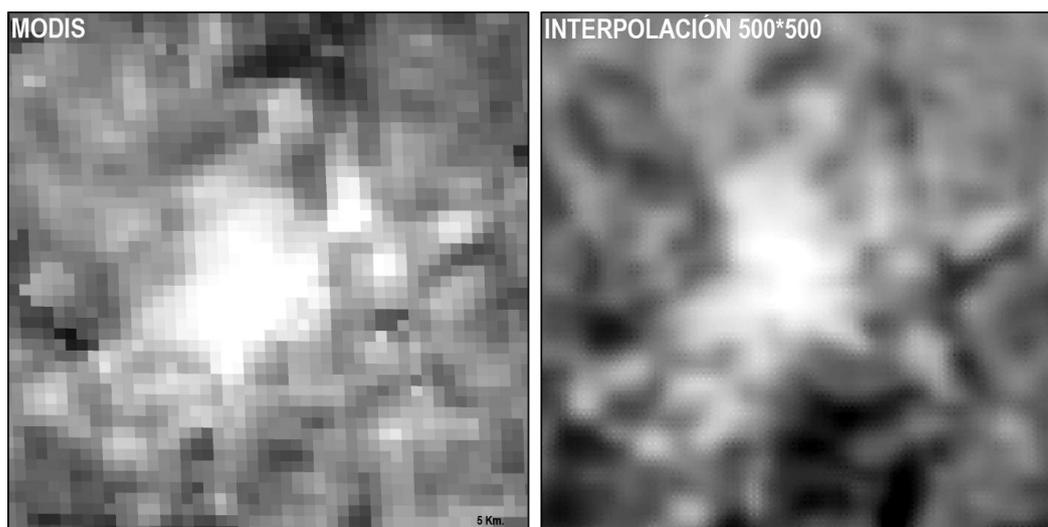
Implementada la información en ArcGIS 10.1 se realizó una extracción múltiple de cada imagen utilizando como referencia una cuadrícula de 500\*500 metros en formato *shapefile* que arrojó, para el ámbito considerado, un total de 9999 puntos. Cada punto está referido a un par de coordenadas (sistema ETRS89) en el que figuran los valores de temperatura en grados centígrados tanto para el día como para la noche. Generados los ficheros *shapefile* se realizó una interpolación con los valores de cada campo lo que permitió obtener hasta 16 ficheros GRID

para la noche y 16 para el día en dos series: diaria y media de la serie de años elegida y 12 ficheros GRID para el periodo comprendido entre el 12 y el 17 de julio de 2015 (día/noche).

**Tabla 2.2** Resumen de las características de las imágenes MODIS en los registros de *Land Surface Temperature* (noche/día)

<b>a</b>	<b>img</b>	<b>fiadim</b>	<b>ffaim</b>	<b>bp</b>	<b>pr<sup>1</sup></b>	<b>pr<sup>2</sup></b>	<b>E</b>
<b>2000</b>	14	17/06/2000	11/08/2000	6	6	0	2*
<b>2001</b>	32	02/06/2001	12/08/2001	15	12	0	5**
<b>2002</b>	36	02/06/2002	12/08/2002	18	18	0	0
<b>2003</b>	28	18/06/2003	12/08/2003	14	14	0	0
<b>2004</b>	23	25/06/2004	11/08/2004	12	11	0	0
<b>2005</b>	28	18/06/2005	12/08/2005	14	14	0	0
<b>2006</b>	28	18/06/2006	12/08/2006	14	14	0	0
<b>2007</b>	16	02/06/2007	04/08/2007	0	16	0	0
<b>2008</b>	14	17/06/2008	11/08/2008	0	14	0	0
<b>2009</b>	14	18/06/2009	12/08/2009	0	14	0	0
<b>2010</b>	12	26/06/2010	12/08/2010	0	12	0	0
<b>2011</b>	14	18/06/2011	12/08/2011	0	0	14	0
<b>2012</b>	14	17/06/2012	11/08/2012	0	10	4	0
<b>2013</b>	13	18/06/2013	12/08/2013	0	13	0	0
<b>2014</b>	13	18/06/2014	12/08/2014	0	13	0	0
<b>2015</b>	13	18/06/2015	12/08/2015	0	13	0	0

**a:** año; **img:** número de imágenes utilizadas; **fiadim:** fecha inicial de adquisición de las imágenes; **ffaim:** fecha final de adquisición de las imágenes; **bp:** buena precisión; **pr<sup>1</sup>:** precisión razonable; **pr<sup>2</sup>:** precisión razonable consultada en [http://landweb.nascom.nasa.gov/cgi-bin/QA\\_WWW/qaFlagPage.cgi?sat=terra](http://landweb.nascom.nasa.gov/cgi-bin/QA_WWW/qaFlagPage.cgi?sat=terra) the product Science Quality status; **e:** excluidas (\* nubosidad; \*\* MODIS off)



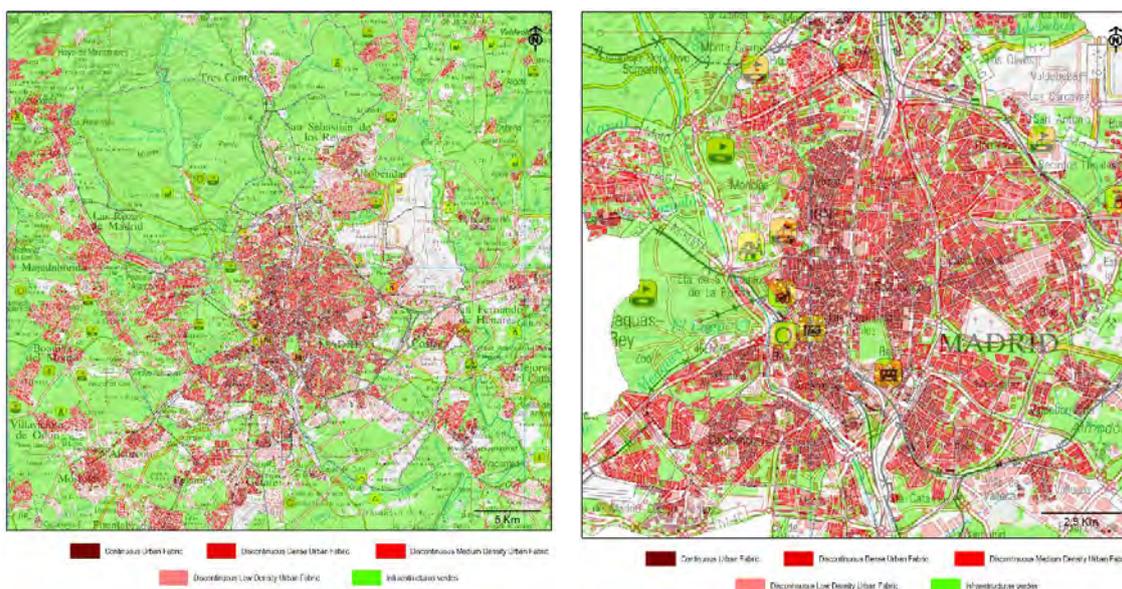
**Figura 2.2** Ejemplo de datos MODIS con sus características originales (izquierda) y tras aplicar todos los procesos de procesado (derecha)

### **2.2.3.- Base de datos geográfica.**

Los usos del suelo y las estructuras urbanas son los principales factores explicativos del clima urbano y de las diferencias que en el interior de la ciudad se observan. Los usos del suelo y las principales estructuras urbanas se han obtenido del URBAN ATLAS, otros parámetros como el índice de compacidad elaborado por el Ayuntamiento de Madrid.

La base de datos URBAN ATLAS (EEAA, 15/2/2013), forma parte de un proyecto de la EEAA, cuyo objetivo fundamental es ofrecer una cartografía de alta resolución y comparable, de más de 300 grandes ciudades de la UE. Elaborado a partir de miles de imágenes de satélites europeos y numerosas fuentes cartográficas locales, incluyendo datos del catastro, ofrece cobertura suficiente para la cartografía detallada de las grandes zonas urbanas, ofreciendo datos precisos sobre los diferentes usos (GMES, 2010). Además, son datos comparables lo que facilitará la utilización precisa para evaluar los diferentes impactos derivados de la expansión urbana en Europa (**Fig. 2.3**).

Debido a la complejidad de la base de datos del URBAN ATLAS se procedió a una agrupación de las 19 categorías en 8, siguiendo criterios de comportamiento térmico estimado (**Tab. 2.3**). En ésta se cuantificaron las superficies y porcentajes por cada tipo de uso. Agrupadas y cuantificadas las variables en la simplificación inicial se generaron dos grandes agrupaciones que permitieron la simplificación y precisión del análisis estadístico (**Tab. 2.4**).



**Figura 2.3** Usos de suelo del área metropolitana de Madrid y detalle del sector urbano (elaboración propia a partir del Urban Atlas -información planimétrica de la BCN200 del IGN)

**Tabla 2.3** Tipologías de usos del suelo del URBAN ATLAS y superficie ocupada en el área metropolitana y el municipio de Madrid.

USOS DEL SUELO (Urban Atlas)	Área metropolitana		Municipio Madrid	
	Área (Ha)	Área (%)	Área (Ha)	Área (%)
<b>Agricultural + Semi-natural areas + Wetlands</b>	157414,71	63,04	26463,94	43,78
<b>Airports</b>	3907,27	1,56	2505,69	4,15
<b>Construction sites</b>	6943,55	2,78	2824,59	4,67
<b>Continuous Urban Fabric (S.L. &gt; 80%)</b>	6350,24	2,54	3293,33	5,45
<b>Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L. : 50% - 80%)</b>	7407,94	2,97	3020,68	5,00
<b>Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L. : 10% - 30%)</b>	4178,22	1,67	663,53	1,10
<b>Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L. : 30% - 50%)</b>	5111,88	2,05	1534,58	2,54
<b>Discontinuous Very Low Density Urban Fabric (S.L. &lt; 10%)</b>	801,93	0,32	135,29	0,22
<b>Fast transit roads and associated land</b>	2487,54	1,00	999,07	1,65
<b>Forests</b>	4982,41	2,00	1488,80	2,46
<b>Green urban áreas</b>	9176,68	3,67	4514,42	7,47
<b>Industrial, commercial, public, military and private units</b>	18929,53	7,58	5293,24	8,76
<b>Isolated Structures</b>	734,32	0,29	36,44	0,06
<b>Land without current use</b>	500,05	0,20	133,62	0,22
<b>Mineral extraction and dump sites</b>	3305,85	1,32	827,23	1,37
<b>Other roads and associated land</b>	11369,13	4,55	3999,17	6,62
<b>Railways and associated land</b>	1077,88	0,43	656,60	1,09
<b>Sports and leisure facilities</b>	3968,79	1,59	1661,79	2,75
<b>Water bodies</b>	1067,55	0,43	391,27	0,65
<b>TOTAL</b>	249715,47	100	60443,29	100

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.4** Agrupación de las tipologías de usos del suelo del URBAN ATLAS utilizada en el presente trabajo

IMPERMEABLE (1)			PERMEABLE (2)		
URBANO (3)	URBANO1 (4)	INDUSTRIA Y TRANSPORTE (5)	ZONAS VERDES URBANAS (6)	AGRICOLA Y FORESTAL (7)	OTROS (8)
Cont. Urban	Disc. Med. Den. Urban	Fast tran. Roads and	Disc. V. Low Den. Urban	Agric. Semin. Wetlands	Isol. struct.
Disc. Den. Urban	Disc. Low. Den. Urban	Other roads	Sports and	Forests	Const. sites
		Railways and associated land	Green Urb. Areas		Land without current use
		Industrial			Mineral extr. and Airports

*Fuente: Elaboración propia*

### 2.3.- Bases de datos derivadas

Se crearon dos capas de información vectorial a partir Formada por dos capas vectoriales, una asociada a cada una de las estaciones meteorológicas y la otra a la malla reticular de 500\*500 metros de lado.

- La primera, incluye, además de los datos climáticos medidos en cada una de ellas, los valores medios de altitud, orientación y pendiente media del área delimitada por un buffer de superficie igual a la de la rejilla; además, el porcentaje de cada uno de los usos del suelo del Urban Atlas, en relación al área total. Esta nueva base de datos es clave para determinar las relaciones entre los parámetros climáticos y otros como la altitud media y usos del suelo y obtener las funciones de regresión que servirán para crear el modelo de distribución espacial de los diferentes parámetros climáticos.
- La segunda está formada por la malla reticular y en ella cada una de las cuadrículas contiene valores similares a la anterior, pero en este caso los valores de temperatura, humedad y viento, corresponden a los obtenidos mediante la regresión, previamente calculada en las estaciones y su entorno próximo (**Anexo 2.2**).

En síntesis, el procedimiento incluye dos fases:

- En primer lugar, se ha construido una matriz de correlación de Pearson, entre las variables climáticas registradas en cada estación (Temperatura, viento y humedad

relativa) y los porcentajes correspondientes a los usos urbanos, cuyos resultados aparecen recogidos en la tabla 2.5 y en el anexo 2.3.

- Posteriormente, se aplica una regresión múltiple en la que como variable dependiente se incluye la variable climática correspondiente y como predictoras el resto de las variables. El método de regresión empleado ha sido el de pasos sucesivos (SPSS v.17.0) que elimina aquellas variables no representativas con un nivel de colinealidad alto (**Anexo 2.4**)

**Análisis de las correlaciones:** las temperaturas, se han utilizado las mínimas diarias correspondientes a los días normales de verano (con temperaturas máximas en Barajas inferiores a 36,5°C) y las de los días cálidos (con temperatura máxima en Barajas superior a 36,5), también las correspondientes a julio de 2015, el periodo cálido más duradero desde 1961.

La matriz de correlación (**Tab. 2.5**), muestra correlaciones positivas y significativas al 95% (0,05) con el índice de compactidad, el área construida densa, recogida en el texto bajo el epígrafe de Urbano y con el área impermeable. Correlación negativa con la superficie permeable y las áreas de bosque y agricultura.

Valores similares, pero a la inversa presenta la humedad relativa, negativa en las zonas construidas y positiva con las zonas verdes, agrícolas y forestales.

El viento medio se correlaciona negativamente con las zonas construidas, como era de esperar (obstáculos, rozamiento etc), sin embargo los niveles de significación son muy débiles, por lo que hemos optado por utilizar el viento medio calculado de acuerdo con el modelo de Martilli (2002 y 2015).

**Tabla 2.5** Matriz de correlación simplificada entre las variables climáticas y las principales variables urbanas (**Anexo 2.2**)

		Tmin_ver	Tmin_dc	Tmin_jl2015	VVdc	Hrmxmd
CompMd	Correlación de Pearson	,607**	,598**	,536**		-0,555**
	Sig. (bilateral)	0,002	0,003	0,008		0,007
	N	23	23	23		22
URBANO	Correlación de Pearson	,544**	,497**	,396*	-0,373	-0,616**
	Sig. (bilateral)	0,003	0,008	0,041	0,087	0,001
	N	27	27	27	22	26
permeable	Correlación de Pearson	-,522**	-,523**	-,557**		0,547**
	Sig. (bilateral)	0,005	0,005	0,003		0,004
	N	27	27	27		26
AGRI_FOREST	Correlación de Pearson	-,466*	-,464*	-,428*		0,382
	Sig. (bilateral)	0,014	0,015	0,026		0,054
	N	27	27	27		26
impermeable	Correlación de Pearson	,420*	,381*	0,294	-0,381	-0,434*
	Sig. (bilateral)	0,029	0,05	0,137	0,08	0,027
	N	27	27	27	22	26

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

**Tmin\_ver**: temperatura mínima de verano; **Tmin\_dc**: temperatura mínima días cálidos; **Tmin\_jl2015**: temperatura mínima julio 2015; **VVdc**: velocidad del viento en los días cálidos; **Hrmxmd**: humedad relativa máxima media; **CompMd**: compacidad media; **permeable**: usos urbanos, infraestructuras de transporte y uso industrial; **impermeable**: usos agrícolas, forestal y zonas verdes urbanas

**La regresión múltiple** en la que como variable dependiente se incluye la variable climática correspondiente y como predictoras, el resto de las variables. Los estadísticos más significativos aparecen recogidos en la Tabla 2.6, explica en torno al 70% de la varianza espacial, en el caso de las temperaturas y en torno al 75% en el caso de la humedad relativa. Las variables predictoras, una vez eliminadas aquellas que no cumplen los criterios de calidad exigidos (**Anexo 2.4**), son el **índice de compacidad**, como potenciador de la temperatura, el **porcentaje de área impermeable**, como inhibidor de la misma y **las superficies permeables, agrícolas y forestales** y el **porcentaje de suelo urbano**, como inhibidor en la humedad.

**Tabla 2.6.** Parámetros significativos del modelo de regresión lineal múltiple entre las variables climáticas y las urbanas (**Anexo 2.3**)

Variable	Coficiente R	Coficiente R2	Error medio	RMSE	BIAS
Tmínima verano (°C)	0,821	0,675	1,39	2,3	-0,6
Tmínima días cálidos (°C)	0,843	0,710	1,46	2,7	0,4
Humedad relativa (%)	0,864	0,746	4,24	4,4	5,4

Las estimaciones de la varianza espacial explicada podrían ser mejoradas con el diseño de una red de observatorios que complemente la existente. Esta posibilidad, además, podrían incrementarse mediante la incorporación de otras variables urbanas procedentes de sensores remotos como las derivadas de los sensores LIDAR; éstos permiten analizar con gran detalle la geometría y elementos del entramado urbano y permiten la reproducción de la ciudad y sus elementos en 3D.

#### **2.4.- Modelos de distribución espacial**

El proceso de interpolación se realizó a partir de la extracción de los datos en °C obtenidos de las imágenes MODIS una vez realizados el preprocesado de las mismas y del cálculo de las variables meteorológicas mediante la función de correlación obtenida con anterioridad. Se seleccionaron un total de 9999 puntos procedentes de los centroides y que tienen su origen en una malla de 500\*500 metros y cubren una superficie de 245.025 km<sup>2</sup>. La muestra, por tanto, presenta una excelente distribución espacial y asegura el control de la regularidad en la muestra de partida. Esto resultó decisivo en la elección del *krigging* como método de interpolación que resulta óptimo para muestras bien distribuidas espacialmente. En el *kriggeado* se consideró como *Z value* el valor térmico y se utilizó un método ordinario con un modelo de semivariograma generando un tamaño de celda de salida de 50\*50 metros y considerando un número de puntos por defecto. Los resultados son óptimos ya que existe un buen comportamiento o distribución espacial de la muestra elegida. No se utilizaron otros sistemas de los que dispone el *software* ArcGis v.10.1 por parecernos inadecuados con la naturaleza de los datos a procesar y su inadecuación a muestras excesivamente regulares. En el caso del *Inverse Distance Weighted* se otorga un peso excesivo a los valores medios de compensación entre puntos; *Natural Neighbor* no permite un control adecuado del proceso, *spline* regulariza excesivamente el resultado o, simplemente, su orientación es marcadamente topográfica (*Topo to Raster*).

En el caso de la LST se realizaron 15 interpolaciones con las medias de las imágenes para el verano (mediados de junio-mediados de agosto) en período diurno y nocturno y para el período 2000-2015. Del mismo modo se obtuvo la temperatura superficial para las olas de calor de los años 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2013, 2014 y 2015.

En el caso de la temperatura del aire se interpolaron las temperaturas mínimas medias y la PET correspondientes a los días normales de verano y a los días cálidos y la humedad relativa media.

En definitiva, se ha generado una cartografía térmica y bioclimática a diferentes escalas (Área Metropolitana, municipio de Madrid y cada uno de los 128 barrios) en situaciones normales de verano y durante los días cálidos. Cartografía que es la base de los posteriores mapas de impactos y recomendaciones.

# Anexo **2.1.**

**depuración serie de datos**

## VALIDACIÓN y DEPURACIÓN SERIES

Para el desarrollo de las actividades propuestas se han utilizado diferentes tipos de variables meteorológicas, procedentes de diferentes fuentes y con diferente resolución temporal. Para el posterior tratamiento de los datos, los registros de cada una de las fuentes de información fueron agregados en una única base de datos que contiene todos los registros horarios simultáneamente.

Los datos proporcionados por AeMet a escala diaria y horaria han sido sometidos a un proceso de depuración y validación que no ha detectado sensibles problemas en las series originales. Por el contrario, los datos horarios, de las redes meteorológicas y de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid presentan una serie de problemas, como son:

1. PROBLEMA 1. Series incompletas (lagunas).
2. PROBLEMA 2. Valores imposibles. Por ejemplo, temperatura horaria superior a 60°C.
3. PROBLEMA 3. Valores erróneos (posibles pero fuera de época: "outliers"). Por ejemplo, temperatura horaria de 25°C en el mes de enero a las 12UTC.
4. PROBLEMA 4. Valores consecutivos idénticos. El umbral se ha establecido en 8 horas consecutivas con idéntico valor.
5. PROBLEMA 5. Variaciones horarias consecutivas extremadamente altas/bajas.

El procedimiento de control de calidad y validación de la base de datos consistió en dos fases:

1. Identificación y eliminación de los datos erróneos.
2. Sustitución de los datos erróneos y relleno de lagunas originales con valores estimados a partir de los observatorios vecinos en funcionamiento.

## FASE 1: Identificación y eliminación de los datos erróneos.

Los datos erróneos son un caso particular de valores atípicos (“outliers”), cuya presencia se estima a partir del cálculo de ciertos umbrales (por ejemplo  $Q1 \pm 3 * IQR$ ) obtenidos de una distribución. En el caso de los datos horarios, la distribución incorpora un ciclo horario (valores diurnos más elevados que los nocturnos), que distorsiona el cálculo de esos umbrales.

En consecuencia, la identificación de los valores erróneos ha seguido un procedimiento basado en tres fases:

1. En la primera fase, y para todos y cada uno de los intervalos temporales que comprende el estudio, se calculó la desviación típica correspondiente a todos los observatorios con registros válidos. Un análisis de la evolución de dicho parámetro a lo largo del periodo de estudio muestra valores entre 0 y 4. Por lo tanto, en cualquier intervalo temporal cuya desviación típica superara un valor de 4 se consideró sospechosa de contener un valor erróneo y etiquetado como 0 (valores no sospechosos recibieron 1).
2. En una segunda fase, para todos y cada uno de esos intervalos temporales los registros originales fueron transformados en puntuaciones Z, aunque sustituyendo en el procedimiento de cálculo el promedio por la mediana. Todo registro cuya puntuación superara  $\pm 5$  fue también etiquetado como sospechoso.
3. La fase final consistió en calcular, para cada uno de los meses de estudio, el valor medio y la desviación típica de la variación de la temperatura entre una hora determinada y la siguiente. Cualquier variación real que superara  $\pm 5$  desviaciones típicas, fue etiquetada como sospechosa.

Todos aquellos registros que hubieran sido etiquetados como sospechosos simultáneamente en las tres fases fueron eliminados.

FASE 2: relleno de los registros ausentes.

Para ello, se aplicó una rutina en la plataforma MATLAB que rellena los datos utilizando un procedimiento iterativo mediante el cálculo de EOF (Empirical Orthogonal Functions) siguiendo el método SVD (Singular Value Decomposition; Beckers y Rixen, 2003; Lundquist y Cayan, 2007; Henn et al, 2013). El relleno de las lagunas se consigue sustituyendo inicialmente los datos ausentes con los valores medios, a partir de los cuales se procede a realizar el análisis EOF, del que se obtienen unas nuevas variables sintéticas, que acumulan la mayor parte de la variabilidad espacial y temporal presente en los datos originales, a partir de los que se pueden rellenar los datos ausentes.

Henn B, Raleigh MS, Fisher A y Lundquist JD (2013): A Comparison of Methods for Filling Gaps in Hourly Near-Surface Air Temperature Data. *Journal of Hydrometeorology*, 14: 929-945.

Beckers JM y Rixen M (2003): EOF calculations and data filling for incomplete oceanographic datasets. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 20: 1839– 1856.

Lundquist JD y Cayan DE (2007): Surface temperature patterns in complex terrain: Daily variations and long-term change in the central Sierra Nevada, California. *Journal Geophysical Research*, 112, D11124, doi:10.1029/2006JD007561, 2007

# **Anexo 2.2**

**capas de información y  
base de datos asociadas**

# VECTORIAL

**Nombre de la capa:** CentroidesMadrid

**Formato:** ESRI Shapefile

**Descripción:** Información climática y de usos del suelo para el municipio de Madrid

**Tipo:** Puntos

**Sistema de referencia:** ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N

Nombre	Tipo	Precisión	Escala	Decimal	Caracteres	Descripción
OBJECTID	ObjectID					
SHAPE	Geometry					
PAGENAME	String				254	Índice creado por el software ArcGis cuando elabora las cuadrículas
PAGENUMBER	Long	9				Índice creado por el software ArcGis cuando elabora las cuadrículas
UTMX	Double	10	2	0	12	Coordenadas UTM X para cada centroide
UTMY	Double	11	2	0	12	Coordenadas UTM Y para cada centroide
Altura	Double	8	2	0	12	Altura extraida a partir del modelo LIDAR
Pendiente	Float	6	2	2	12	Pendiente extraida p partir del modelo LIDAR
Orientación	Float	6	2	2	12	Orientación extraida o partir del modelo LIDAR
UA11100	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)
UA11210	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L. : 50% - 80%)
UA11220	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L. : 30% - 50%)
UA11230	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L. : 10% - 30%)
UA11240	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Discontinuous Vert Low Density Urban Fabric (S.L. < 10%)
UA11300	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Isolated Structures
UA12100	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Industrial, commercial, military and private units
UA12210	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Fast transit roads and associated land

UA12220	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Other roads and associated land
UA12230	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Railways and associated land
UA12400	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Airports
UA13100	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Mineral extraction and dump sites
UA13300	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Construction sites
UA13400	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Land without current use
UA14100	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Green urban areas
UA14200	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Sports and leisure facilities
UA20000	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Agricultural + Semi-natural areas + Wetlands
UA30000	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Forests
UA50000	Float	6	2	2	12	Superficie en porcentaje del uso Water bodies
COMPACIDAD	Double	18	6	2	12	Compacidad media para cada cuadrícula calculada a partir de la capa de compacidad del ayuntamiento de Madrid
NDVI	Double	18	6	2	12	Indice de Vegetación de Diferencia Normalizada calculado a partir de imagen Landsat 8 del día 07/07/15 para cada centroide
TMINVER	Double	18	6	2	12	Calculada a partir de la función de regresión
TMINDC	Double	18	6	2	12	Calculada a partir de la función de regresión
HRMAX	Double	18	6	2	12	Calculada a partir de la función de regresión
PETDC	Float	6	2	2	12	Calculada con la aplicación Rayman
PETVER	Float	6	2	2	12	Calculada con la aplicación Rayman
LSTmdDIA	Float	6	2	2	12	Temperatura media superficial del día calculada de las imágenes MODIS
LSTver	Float	6	2	2	12	Temperatura media superficial de la noche calculada de las imágenes MODIS
LSTdc	Float	6	2	2	12	Temperatura media superficial durante los episodios de olas de calor de noche calculada de las imágenes MODIS

# RASTER

**1.- Nombre de la capa:** tairvermadrid

**Formato:** ESRI GRID

**Descripción:** temperatura del aire de los días de verano

**Sistema de referencia:** ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N

Columns and Rows	Number of bands	Cell size	Source type	Pixel type	Pixel depth
625, 736	1	50,50	Generic	floating point	32 Bit

**2.- Nombre de la capa:** tairdcmadrid

**Formato:** ESRI GRID

**Descripción:** temperatura del aire de los días cálidos

**Sistema de referencia:** ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N

Columns and Rows	Number of bands	Cell size	Source type	Pixel type	Pixel depth
625, 736	1	50,50	Generic	floating point	32 it

**3.- Nombre de la capa:** lstvermadrid

**Formato:** ESRI GRID

**Descripción:** temperatura de superficial de los días de verano

**Sistema de referencia:** ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N

Columns and Rows	Number of bands	Cell size	Source type	Pixel type	Pixel depth
625, 736	1	50,50	Generic	floating point	32 Bit

**4.- Nombre de la capa:** lstdcmadrid

**Formato:** ESRI GRID

**Descripción:** temperatura de superficial de los días cálidos

**Sistema de referencia:** ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N

Columns and Rows	Number of bands	Cell size	Source type	Pixel type	Pixel depth
625, 736	1	50,50	Generic	floating point	32 Bit

**5.- Nombre de la capa:** islaairvermadrid

**Formato:** ESRI GRID

**Descripción:** isla de calor del aire de los días de verano

**Sistema de referencia:** ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N

Columns and Rows	Number of bands	Cell size	Source type	Pixel type	Pixel depth
625, 736	1	50,50	Generic	floating point	32 Bit

**6.- Nombre de la capa:** islaairdcmadrid

**Formato:** ESRI GRID

**Descripción:** isla de calor del aire de los días cálidos

**Sistema de referencia:** ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N

Columns and Rows	Number of bands	Cell size	Source type	Pixel type	Pixel depth
625, 736	1	50,50	Generic	floating point	32 Bit

**7.- Nombre de la capa:** petvermadrid

**Formato:** ESRI GRID

**Descripción:** PET de los días de verano

**Sistema de referencia:** ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N

Columns and Rows	Number of bands	Cell size	Source type	Pixel type	Pixel depth
625, 736	1	50,50	Generic	floating point	32 Bit

**8.- Nombre de la capa:** petvermadrid

**Formato:** ESRI GRID

**Descripción:** PET de los días cálidos

**Sistema de referencia:** ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N

Columns and Rows	Number of bands	Cell size	Source type	Pixel type	Pixel depth
625, 736	1	50,50	Generic	floating point	32 Bit

**9.- Nombre de la capa:** iimpactomadrid

**Formato:** ESRI GRID

**Descripción:** índice de impacto de la ola de calor

**Sistema de referencia:** ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N

Columns and Rows	Number of bands	Cell size	Source type	Pixel type	Pixel depth
625, 736	1	50,50	Generic	unsigned integer	8 Bit

# Anexo 2.3.

**matrices de correlación**

## Matriz de correlación entre las temperaturas mínimas y las variables geográficas

### Correlaciones

		Tmin_ver	Tmin_DC	Tmin_jl2015
Alt.	Correlación de Pearson	-,049	,001	-,039
	Sig. (bilateral)	,808	,997	,846
	N	27	27	27
CompMd	Correlación de Pearson	,607**	,598**	,536**
	Sig. (bilateral)	,002	,003	,008
	N	23	23	23
IVMed	Correlación de Pearson	-,319	-,312	-,416*
	Sig. (bilateral)	,129	,138	,043
	N	24	24	24
URBANO	Correlación de Pearson	,544**	,497**	,396*
	Sig. (bilateral)	,003	,008	,041
	N	27	27	27
URBANO1	Correlación de Pearson	-,116	-,147	-,133
	Sig. (bilateral)	,563	,463	,508
	N	27	27	27
IND_TRANS	Correlación de Pearson	,037	,034	,015
	Sig. (bilateral)	,856	,866	,942
	N	27	27	27
GREEN	Correlación de Pearson	-,003	-,013	-,041
	Sig. (bilateral)	,989	,947	,840
	N	27	27	27
AGRI_FOREST	Correlación de Pearson	-,466*	-,464*	-,428*
	Sig. (bilateral)	,014	,015	,026
	N	27	27	27
impermeable	Correlación de Pearson	,420*	,381*	,294
	Sig. (bilateral)	,029	,050	,137
	N	27	27	27
permeable	Correlación de Pearson	-,522**	-,523**	-,557**
	Sig. (bilateral)	,005	,005	,003
	N	27	27	27
otros	Correlación de Pearson	,024	,067	,192
	Sig. (bilateral)	,907	,740	,337
	N	27	27	27

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

		CompMd	URBANO	URBANO1	IND_TRANS	GREEN	AGRI_FOREST	impermeable	permeable
Vvver	Correlación de Pearson	-,115	-,271	,126	,039	,218	,181	-,292	,036
	Sig. (bilateral)	,661	,262	,607	,874	,369	,458	,226	,885
VVdc	Correlación de Pearson	-,160	-,373	,143	,052	,273	,173	-,381	,094
	Sig. (bilateral)	,499	,087	,525	,819	,219	,442	,080	,678
Hmxmd	Correlación de Pearson	-,555**	-,616**	,049	-,016	,203	,382	-,434*	,547**
	Sig. (bilateral)	,007	,001	,810	,938	,320	,054	,027	,004
	N	22	26	26	26	26	26	26	26

# **Anexo 2.4.**

**modelos de regresión.  
parámetros significativos**

## Temperatura mínima medias de verano

### Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,768 <sup>a</sup>	0,59	0,571	1,5274
2	,821 <sup>b</sup>	0,675	0,642	1,3947

a. Predictores: (Constante), permeable

b. Predictores: (Constante), permeable, CompMd

### Coeficientes

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar	Beta			Tolerancia	VIF
1	(Constante)	20,289	0,462	43,893	0		
	permeable	-0,077	0,014	-0,768	0	1	1
2	(Constante)	18,85	0,76	24,8	0		
	permeable	-0,062	0,014	-0,621	0	0,795	1,258
	CompMd	0,528	0,232	0,326	2,278	0,034	0,795

a. Variable dependiente: Tmin\_ver

## Temperatura mínima media de los días cálidos de verano

### Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,800 <sup>a</sup>	0,641	0,624	1,5974
2	,843 <sup>b</sup>	0,71	0,681	1,4697

a. Predictores: (Constante), permeable

b. Predictores: (Constante), permeable, CompMd

### coeficientes TMIN\_días cálidos

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Estadísticas de colinealidad		
	B	Error estándar	Beta			Tolerancia	VIF	
1	(Constante)	23,883	0,483		49,401	0		
	permeable	-0,089	0,015	-0,8	-6,118	0	1	1
2	(Constante)	22,422	0,801		27,993	0		
	permeable	-0,074	0,015	-0,666	-4,935	0	0,795	1,258
	CompMd	0,536	0,244	0,296	2,193	0,04	0,795	1,258

a. Variable dependiente: Tmin\_DC

## Humedad relativa máxima de los días de verano

### Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,758 <sup>a</sup>	0,574	0,553	5,2131
2	,821 <sup>b</sup>	0,674	0,64	4,6794
3	,864 <sup>c</sup>	0,746	0,704	4,2432

a. Predictores: (Constante), permeable

b. Predictores: (Constante), permeable, URBANO

c. Predictores: (Constante), permeable, URBANO, AGRI\_FOREST

### Coefficientes<sup>a</sup>

Modelo	Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	T	Sig.	Estadísticas de colinealidad		
	B	Error estándar	Beta			Tolerancia	VIF	
1	(Constante)	49,352	1,641	30,067	0			
	permeable	0,251	0,048	0,758	5,192	0	1	1
2	(Constante)	54,288	2,521	21,535	0			
	permeable	0,184	0,052	0,554	3,556	0,002	0,707	1,415
	URBANO	-0,129	0,053	-0,376	-2,413	0,026	0,707	1,415
3	(Constante)	52,955	2,361	22,431	0			
	permeable	0,322	0,077	0,971	4,178	0,001	0,261	3,832
	URBANO	-0,135	0,049	-0,394	-2,782	0,012	0,705	1,419
	AGRI_FOREST	-0,18	0,08	-0,505	-2,26	0,036	0,283	3,532

a. Variable dependiente: Hrmxmd

# 3. resultados

### **3.1.- Caracterización de episodios cálidos y de olas de calor registrados en el área de Madrid**

#### **3.1.1.- Delimitación de umbrales térmicos**

El aumento de los extremos térmicos, días cálidos y olas de calor, es uno de los rasgos más significativos del clima actual y las previsiones apuntan a que estos extremos se irán agudizando a lo largo del presente siglo. Sin embargo, no existe un criterio homogéneo para definir y delimitar tales extremos. En efecto, el concepto de extremo térmico lleva implícito el riesgo provocado por valores anormalmente bajos o elevados en relación a los normales, registrados en series largas de temperatura, por ello su caracterización se fundamenta en dos criterios: uno puramente climático, o estadístico, como es la superación de un determinado umbral térmico, que le confiere al registro concreto el carácter de extremo (WMO&WHO, 2015; Fernández, F y Rasilla, 2008); el segundo hace referencia a los impactos negativos que tales extremos provocan sobre la población.

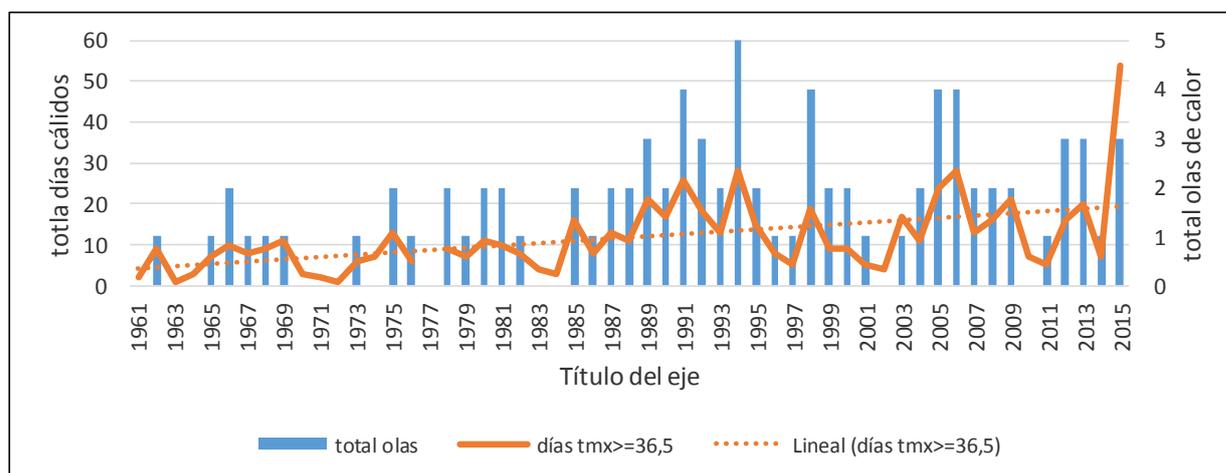
Diversos trabajos realizados recientemente en la Península Ibérica muestran la existencia de una temperatura máxima diaria a partir de la cual se observa un incremento acusado de la mortalidad, temperatura que varía en función del área climática en la que nos encontremos debido al factor de adaptación de la población. En el caso de Madrid la temperatura máxima diaria de «disparo de la mortalidad» es de 36,5 °C, (García Herrera *et al.*, 2005; Díaz *et al.* 2006).

Teniendo en cuenta estos criterios y la metodología empleada por la AEMET en un reciente estudio sobre las olas de calor en España (2015), en este trabajo hemos optado por el umbral de 36,5°C, valor correspondiente a la temperatura máxima diaria registrada en el observatorio del Aeropuerto de Barajas. Se ha analizado la serie de temperaturas diarias desde 1961 al 2015 y hemos clasificado los días como:

- días cálidos (DC): cuando la temperatura máxima registrada en el observatorio de Barajas supera 36.5°C
- olas de calor (OC): cuando durante tres o más días consecutivos la temperatura máxima se mantiene por encima de los 36.5°C.
- días normales de verano aquellos en los que la temperatura máxima no alcanza los 36,5°C.

### 3.1.2.- Frecuencia y evolución de las olas de calor en el periodo 1961-2015.

Entre 1961 y 2015 todos los años, excepto el 1977, han registrado algún día clasificado como cálido y un número muy elevado de años olas de calor (**Fig. 3.1**)



**Figura 3.1** Total de días cálidos, olas de calor y líneas de tendencia en el Aeropuerto de Barajas desde 1961 a 2015

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la AEMET

En total se han contabilizado 634 días cálidos, de los cuales 412 han correspondido a olas de calor, agrupadas en 86 periodos (**Tab.3.1**) con una duración media de 4,7 días.

**Tabla 3.1** Frecuencia y características de los episodios cálidos en el Aeropuerto de Barajas agrupados por quinquenios

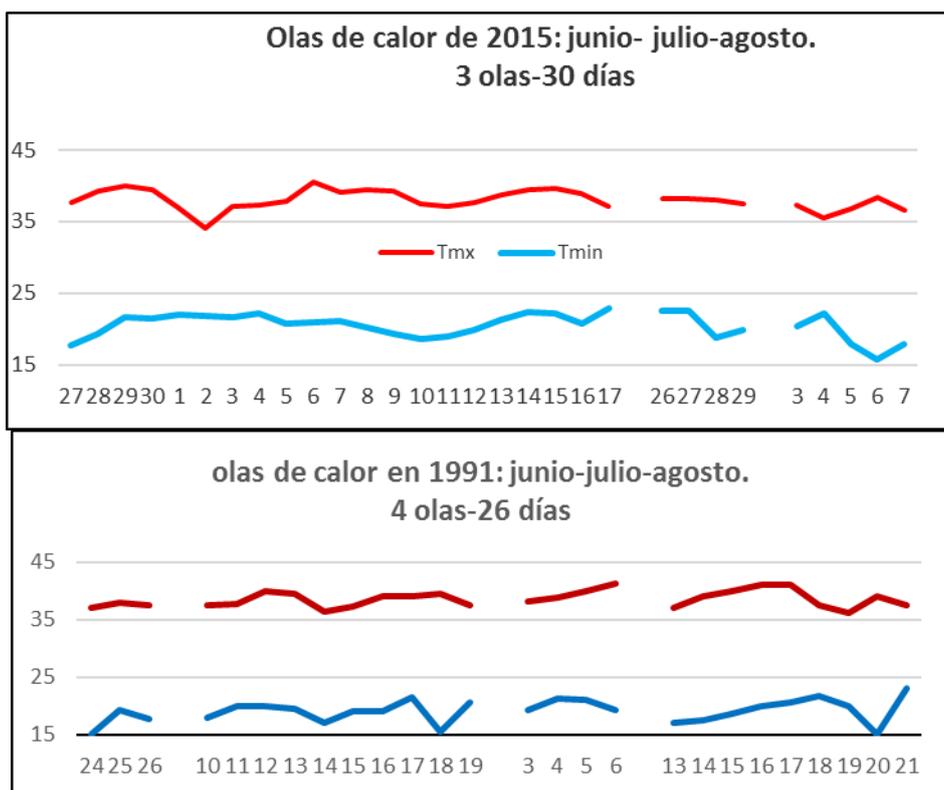
Periodo	Total de días cálidos Tmx>=36,5	Total olas de calor	Duración media de las olas de calor	Temperatura máxima media	Temperatura mínima media
1961-1965	22	2	4,5	38,1	17,9
1966-1970	41	5	4,6	37,9	17,0
1971-1075	29	3	4,7	37,6	18,2
1976-1980	33	6	3,3	38,0	16,8
1981-1985	41	5	4,0	38,1	18,0
1986-1990	70	10	4,1	38,1	18,0
1991-1995	100	16	5,1	37,9	19,1
1996-2000	50	10	3,7	37,5	18,8
2001-2005	61	8	6,1	38,0	19,0
2006-2010	85	10	5,5	37,8	19,0
2011-2015	102	11	5,7	37,9	20,2
<b>Total/media</b>	<b>634</b>	<b>86</b>	<b>4,7</b>	<b>37,9</b>	<b>18,4</b>

Analizando la serie térmica desde 1961, se observa un importante aumento a partir del quinquenio 80-85, que se mantiene hasta la actualidad, aunque no de forma regular: destacan los quinquenios 1991-1995 con 100 días cálidos y 16 olas de calor y el más reciente de 2011-2015 con 102 días 11 olas de calor. En estos dos periodos se registraron las dos olas de calor más largas desde que se tienen registros en nuestra zona (**Tab. 3.2**):

Ambas comenzaron a finales de junio y se mantuvieron hasta agosto, con un total de 3 olas en 2015 y 4 en 1991. (**Fig. 3.2**)

La mayor duración correspondió a la de 2015 con una ola de calor que comenzó el 27 de junio y se mantuvo hasta el 17 de julio, es decir una duración de 21 días de los cuales 10 las temperaturas máximas superaron los 39°C y 15 días en los que las temperaturas mínimas se mantuvieron por encima de los 20°C. A patir del 26 de julio y hasta el 29, de nuevo se produce un episodio de ola de calor y el último que comienza el 3 de agosto y finaliza el día 7.

La de 1991 tuvo una duración de 26 días, distribuidos en cuatro episodios de 3, 10, 4 y 9 días de duración. Las máximas diarias fueron similares a la anterior, pero el número de noches cálidas fue bastante menor.



**Figura 3.2** Temperaturas mínimas y máximas durante las olas de calor de 2015 y 1991

Desde el 2001 y hasta el 2015, tal y como aparece en la **tabla 3.2**, todos los años han registrado, al menos, una ola de calor y cuatro de ellas con una duración superior a 9 días.

**Tabla 3.2.** Relación de olas de calor en Madrid desde 2011 al 2015 y parámetros significativos

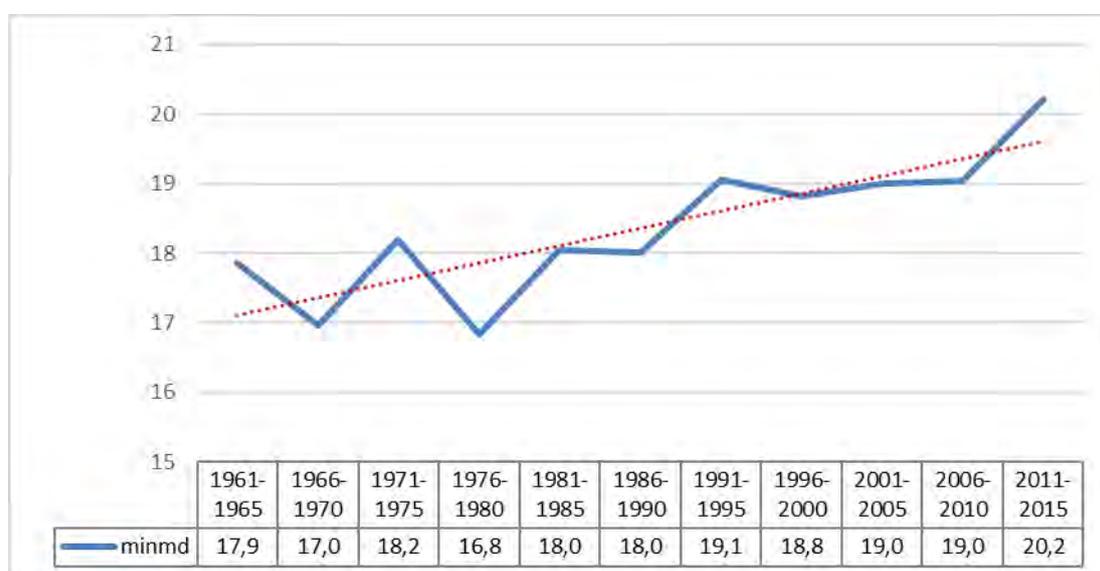
an	Comienzo	Fin	duración	Tmxmd	Tminmd	Tmxab
2001	21-jun	24-jun	4	37,1	15,7	38,0
2002						
2003	30-jul	14-ago	16	37,3	19,8	39,8
2004	27-jun	01-jul	5	38,4	18,3	39,4
2004	22-jul	25-jul	4	38,1	19,8	39,6
2005	17-jun	22-jun	6	37,3	20,4	38,6
2005	12-jul	16-jul	5	38,0	20,2	38,5
2005	20-jul	23-jul	4	38,9	20,1	39,4
2005	05-ago	09-ago	5	38,6	17,9	40,7
2006	09-jul	18-jul	10	37,5	21,4	40,0
2006	21-jul	26-jul	6	37,3	19,3	37,6
2006	30-jul	02-ago	4	37,2	19,0	37,9
2006	01-sep	04-sep	4	38,1	17,2	38,6
2007	26-jul	31-jul	6	37,9	18,7	39,0
2007	03-ago	05-ago	3	38,3	19,3	39,9
2008	18-jul	23-jul	6	37,7	18,6	39,3
2008	03-ago	06-ago	4	38,6	20,1	39,3
2009	26-jul	28-jul	3	37,5	17,5	39,0
2009	16-ago	23-ago	7	37,6	19,5	38,3
2010						
2011	19-ago	21-ago	3	37,7	20,1	39,0
2012	24-jun	27-jun	4	38,3	20,8	39,9
2012	09-ago	11-ago	3	39,8	20,1	40,9
2012	17-ago	22-ago	6	37,5	20,8	38,7
2013	04-jul	12-jul	9	37,1	19,8	38,3
2013	10-ago	12-ago	3	37,6	19,1	38,8
2013	19-ago	21-ago	3	37,7	19,4	37,9
2014	15-jul	18-jul	4	37,6	20,1	38,5
2015	27-jun	17-jul	21	38,3	20,8	40,5
2015	26-jul	29-jul	4	38,0	21,0	38,2
2015	05-ago	07-ago	3	36,6	17,2	38,3

Fuente: (Elaboración propia)

an: año; Tmxmd: temperatura máxima media; Tminmd: temperatura mínima media; Tmxab: Temperatura máxima absoluta

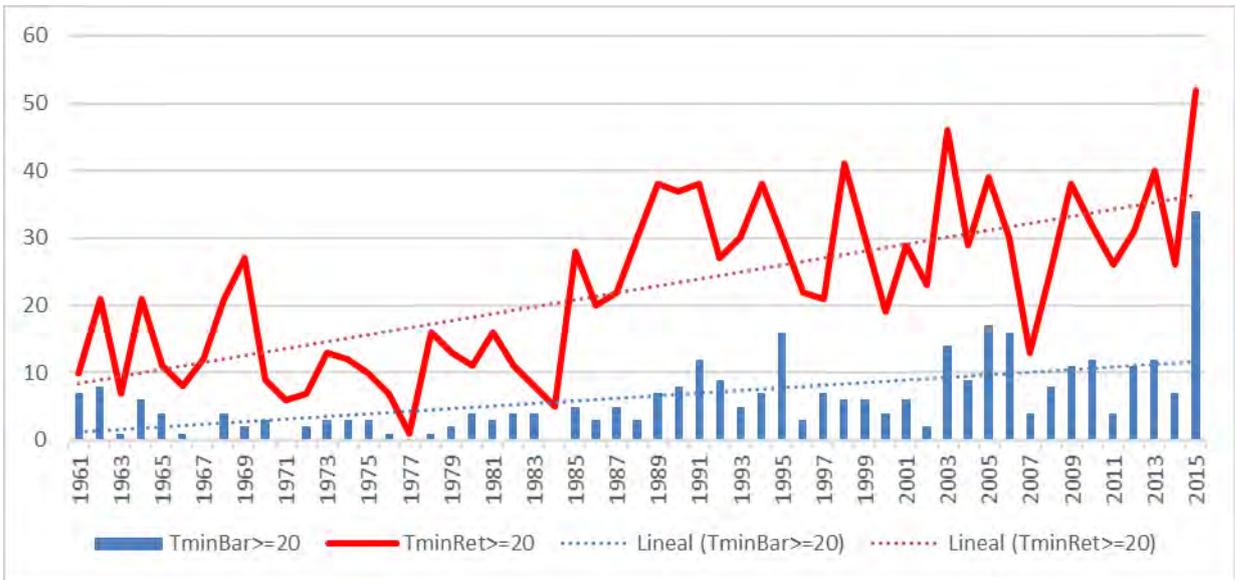
Otros dos indicadores del calentamiento registrado en nuestra zona es el aumento de las temperaturas mínimas durante las olas de calor y la frecuencia anual de las denominadas noches cálidas, consideradas como tales aquellas en las que la temperatura mínima supera los 20°C.

En el primer caso (**Fig. 3.3**), las temperaturas mínimas medias durante las olas de calor han pasado de 17,9°C en el quinquenio 1961-1965 a 20,2°C en último, correspondiente al periodo 2011-2015. Esta tendencia ha sido bastante regular, salvo ligeros descensos registrados en el intervalo 1976-1980.



**Figura 3.3** Evolución de las temperaturas mínimas medias registradas en Aeropuerto de Barajas durante las olas de calor y línea de tendencia

El total anual de noches cálidas desde 1961 al 2015 muestra también una tendencia al aumento desde el último tercio del pasado siglo, tal y como se puede observar en la figura 3.4. Además, es importante señalar que en el observatorio del Retiro el número de estas noches cálidas es bastante más marcado que en el de Barajas, señal inequívoca del efecto de la isla de calor sobre las temperaturas y su evolución.



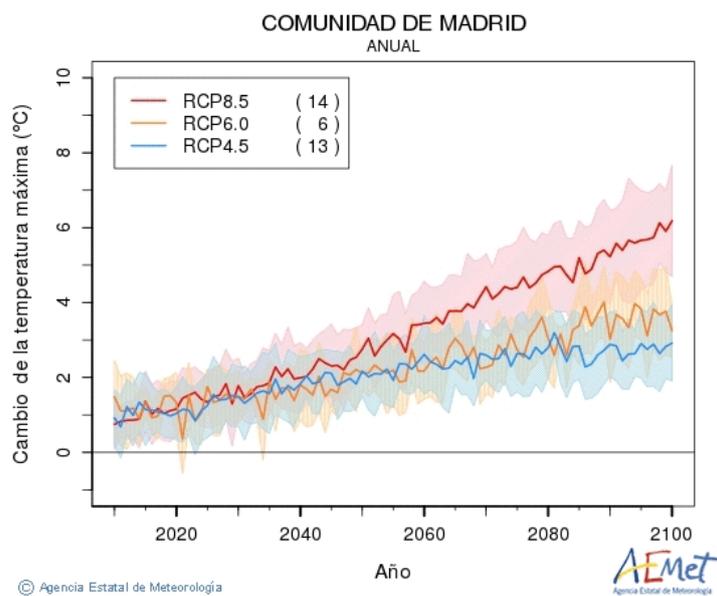
**Figura 3.4** Frecuencia de las noches cálidas y líneas de tendencia en el observatorio urbano del Retiro y en el del Aeropuerto de Barajas desde 1961 al 2015 y líneas de tendencia

### 3.1.3.- Tendencias futuras.

Las proyecciones realizadas por la AEMET, considerando diferentes escenarios de emisión y diferentes modelos climáticos.

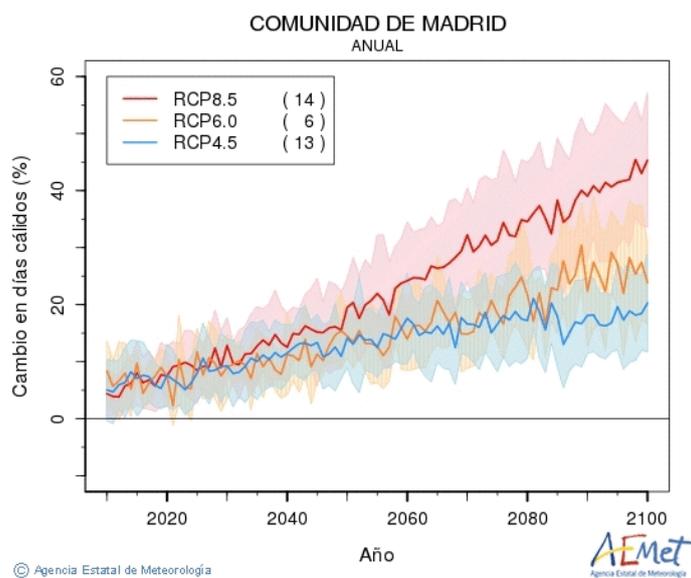
([http://www.aemet.es/documentos/es/idi/clima/escenarios\\_CC/Metodo\\_regionalizacion\\_temperatura.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/idi/clima/escenarios_CC/Metodo_regionalizacion_temperatura.pdf)) indican para nuestra comunidad una tendencia similar a la que acabamos de analizar, es decir un incremento generalizado de las temperaturas, de la frecuencia de días cálidos y de la duración de las olas de calor.

Las temperaturas máximas anuales (**Fig. 3.5**) pueden aumentar hasta 6°C respecto al periodo 1961-2000 en el peor de los escenarios (RCP8.5).



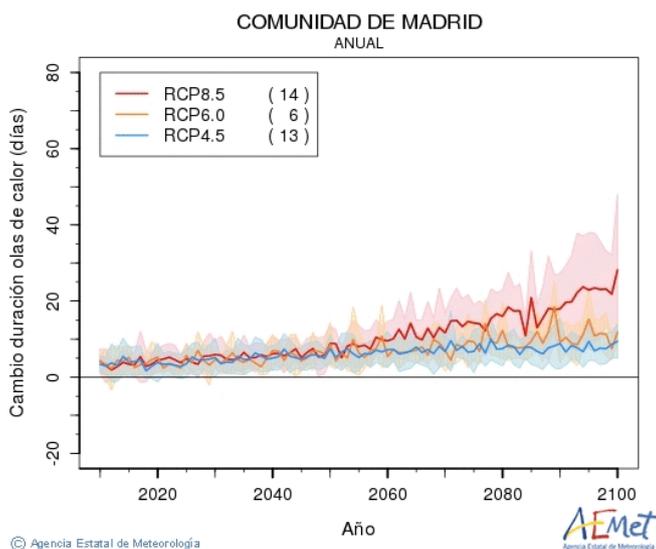
**Figura 3.5** Tendencia de las temperaturas máximas anuales

El número de días cálidos (**Fig. 3.6**) puede aproximarse al 40% de los días anuales, en el peor de los escenarios



**Figura 3.6** Tendencia del porcentaje de días cálidos anuales

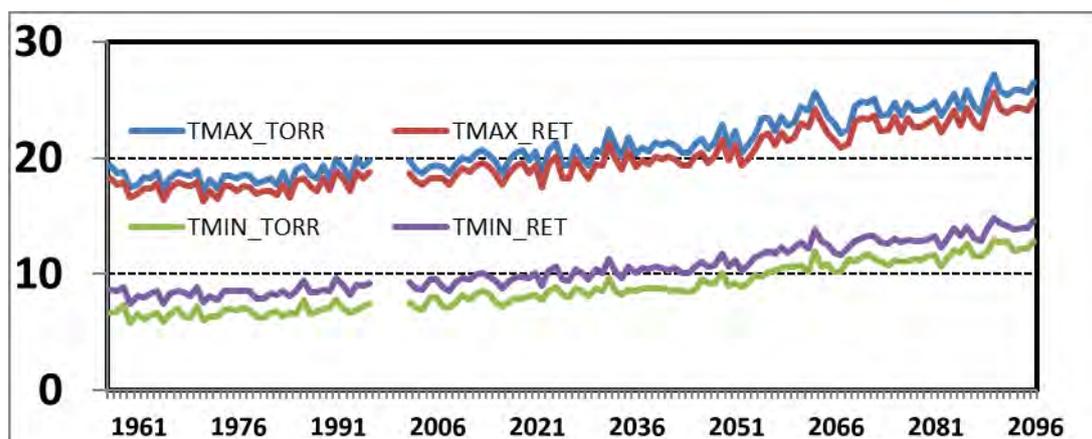
La duración de las olas de calor (**Fig. 3.7**) podría aproximarse a los 20 días.



**Figura 3.7** Tendencia de la duración de las olas de calor

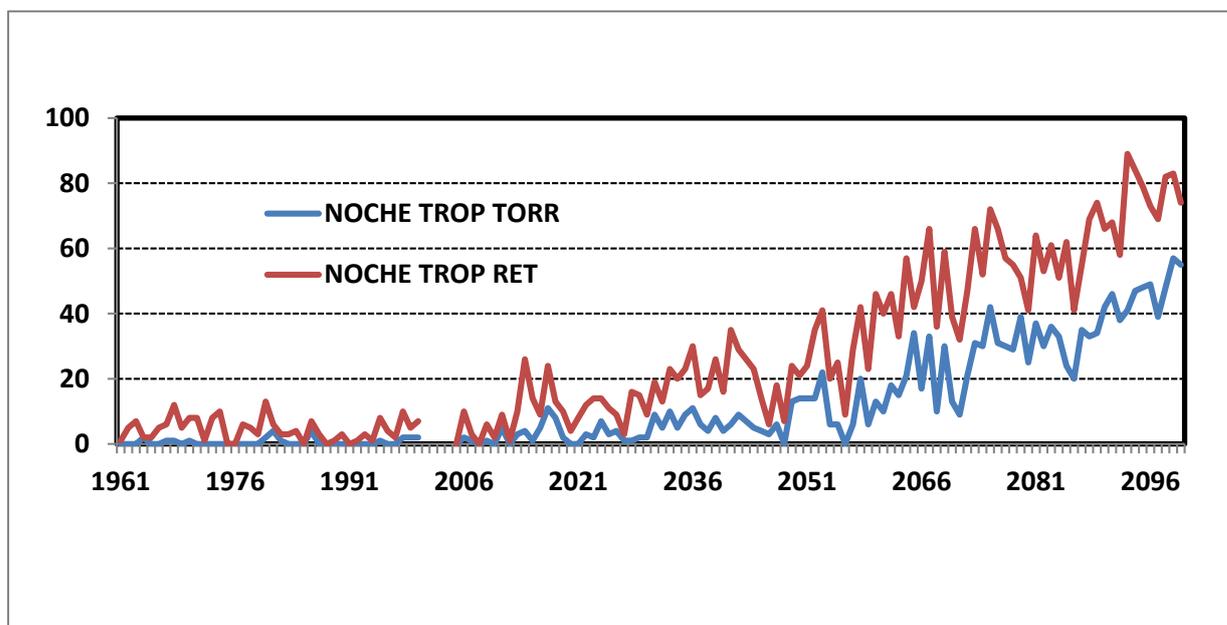
Los gráficos anteriores son datos generales para el conjunto de la Comunidad de Madrid, los dos siguientes los hemos elaborado para dos observatorios concretos: el de Retiro, de carácter urbano y el de Torrejón, situado en la base aérea y de carácter rural.

Como ya adelantamos al comparar Barajas con Retiro, las proyecciones futuras mantienen la misma diferencia entre los espacios urbanos y rurales: la tendencia es similar, pero el calentamiento es mayor en la ciudad, especialmente en las temperaturas mínimas (**Fig. 3.8**) y las noches cálidas son también más numerosas en el observatorio con influencia urbana (**Fig. 3.9**).



**Figura 3.8** Tendencia de las temperaturas en Retiro y Torrejón

*Fuente: elaboración propia con datos de la AEMET*



**Figura 3.9** Tendencia en la frecuencia de noches cálidas en Torrejón y Retiro

*Fuente: elaboración propia a partir de los datos suministrados por la AEMET*

### 3.2.- Análisis de la isla de calor en los días normales de verano y durante los episodios cálidos y patrones de distribución espacial.

En este apartado analizamos las características más relevantes de la isla de calor de Madrid durante el verano diferenciando los días normales de verano, de los días cálidos, de acuerdo con los criterios utilizados en el apartado anterior. El análisis incluye los dos aspectos fundamentales de la isla de calor urbana:

- En primer lugar, la intensidad frecuencia y duración, a partir de la comparación de series climáticas pertenecientes a observatorios urbanos y rurales, a escala diaria y horaria y
- en segundo lugar, la distribución espacial de la misma, mediante la modelización de los patrones espaciales en los dos periodos de verano ya mencionados.

#### 3.2.1.- Intensidad, frecuencia y duración de la isla de calor

La isla de calor se ha estimado para cada día de los 50 años del periodo 1961-2010 como la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas en el observatorio urbano del Retiro y las registradas en el aeropuerto de Barajas. Se obtiene así la isla de calor diurna y la nocturna de acuerdo con la siguiente expresión:

**Isla de calor diurna:**  $ICU_{\text{día}} = T_{\text{mx}}_{\text{retiro}} - T_{\text{max}}_{\text{Barajas}}$

**Isla de calor Nocturna:**  $ICU_{\text{noche}} = T_{\text{min}}_{\text{retiro}} - T_{\text{min}}_{\text{Barajas}}$

Con los resultados obtenidos se ha realizado una clasificación de su intensidad y se han distinguido cinco categorías, siguiendo las pautas marcadas en trabajos anteriores (Fernández García, 1996).

*isla débil*, cuando las diferencias no superan los 2°C;

*moderada*, si es mayor de 2°C, pero inferior o igual a 4°C;

*fuerte*, las comprendidas entre 4°C y 6°C,

*muy fuertes* las comprendidas entre 6°C y 8°C y

*extremadamente fuertes* las que superan los 8°C.

**La duración de la isla de calor** se ha calculado a partir de los datos horarios registrados durante el periodo 2001-2010 en los observatorios de la red municipal y de contaminación del ayuntamiento de Madrid y los horarios del observatorio de Barajas.

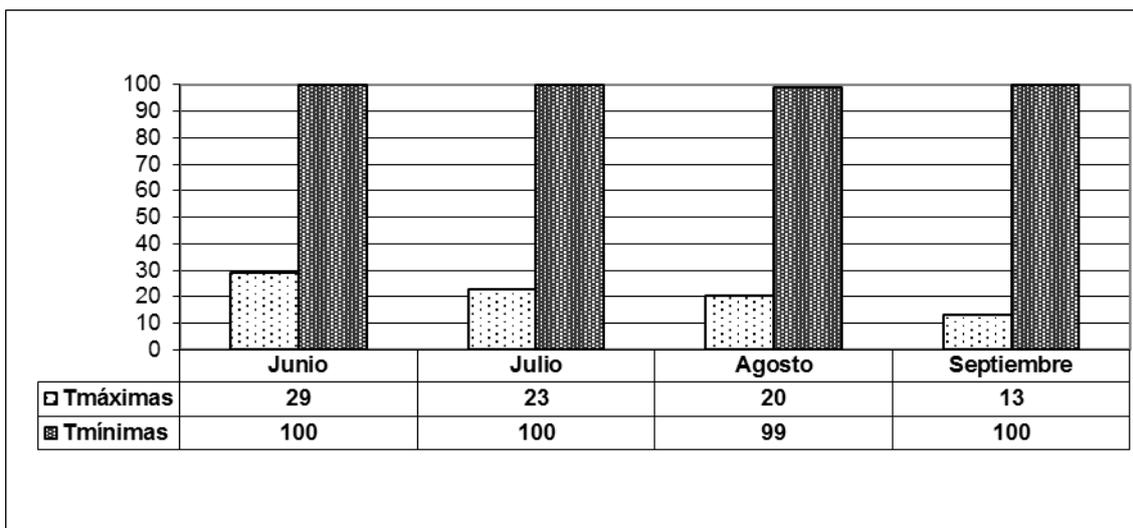
#### **Análisis de los resultados:**

Dos son los resultados más importantes,

- primero, que la isla de calor es un fenómeno nocturno
- segundo que su intensidad aumenta en los periodos cálidos

**Fenómeno nocturno:** La *isla de calor* atmosférica es un fenómeno que se produce fundamentalmente durante la noche, cuando el calor almacenado por el asfalto y los edificios es reemitido a la atmósfera en forma de radiación de onda larga; durante el día la mayor capacidad calorífica de los materiales urbanos y las múltiples sombras provocadas por los edificios mantienen la ciudad más fría que los alrededores, hablándose incluso de *isla de frescor*. Ello explica que la isla de calor diurna, obtenida como diferencia entre las máximas de Retiro y Baraja, sea bastante menos intensa y frecuente que en la nocturna, obtenida a partir de las temperaturas mínimas, de tal modo que durante la noche la mayor parte de los días la ciudad es más cálida (**Fig. 3.10**). Aunque este fenómeno está presente a lo largo de todo el año, su frecuencia e intensidad experimenta oscilaciones estacionales vinculadas a la aparición de unas

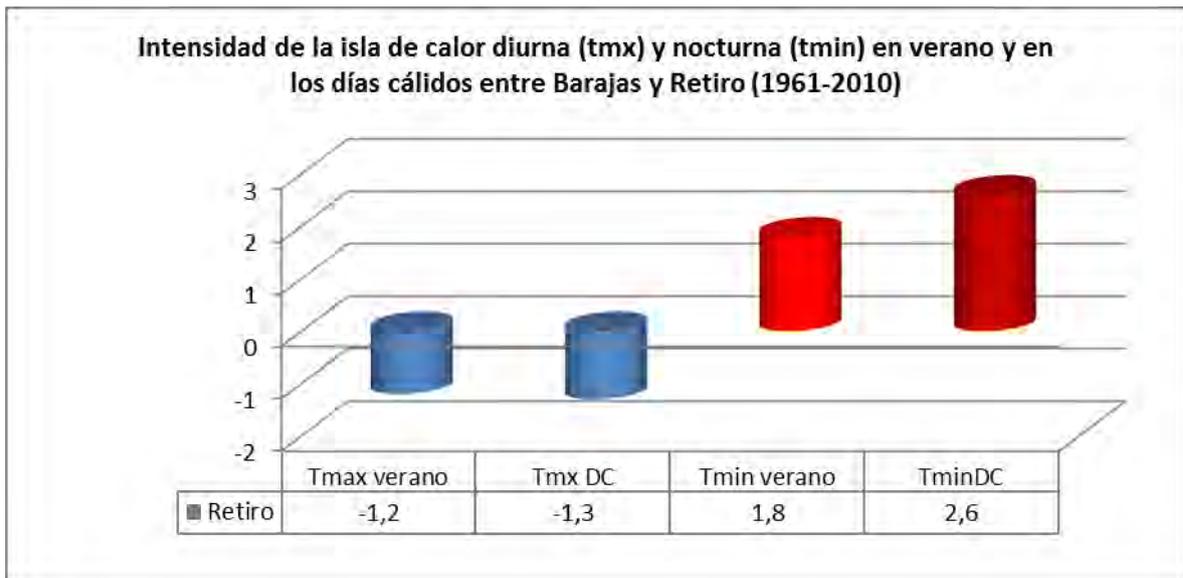
condiciones atmosféricas favorables, como son los cielos despejados, elevada insolación y vientos en calma. En consecuencia, y a pesar de que en invierno aparecen episodios de isla de calor muy intensos, a causa del sobreenfriamiento de los ámbitos rurales inmersos en inversiones térmicas, es en verano cuando la frecuencia de islas de calor es más elevada, en atención al predominio de condiciones estables.



**Figura 3.10** Frecuencia en % de la isla de calor diurna (Tmáximas) y nocturna (Tmínimas) en Madrid, durante los meses de verano

*Fuente: Fernández García, F y Rasilla Álvarez, D, 2008.*

**La isla de calor es más frecuente y más intensa durante los periodos cálidos.** Es el segundo rasgo característico, tal y como se muestra en la **figura 3.11**. La isla de calor aumenta casi un grado en los días cálidos (2,6°C, frente a 1.8°C). Durante el día la isla de frescor apenas varía.

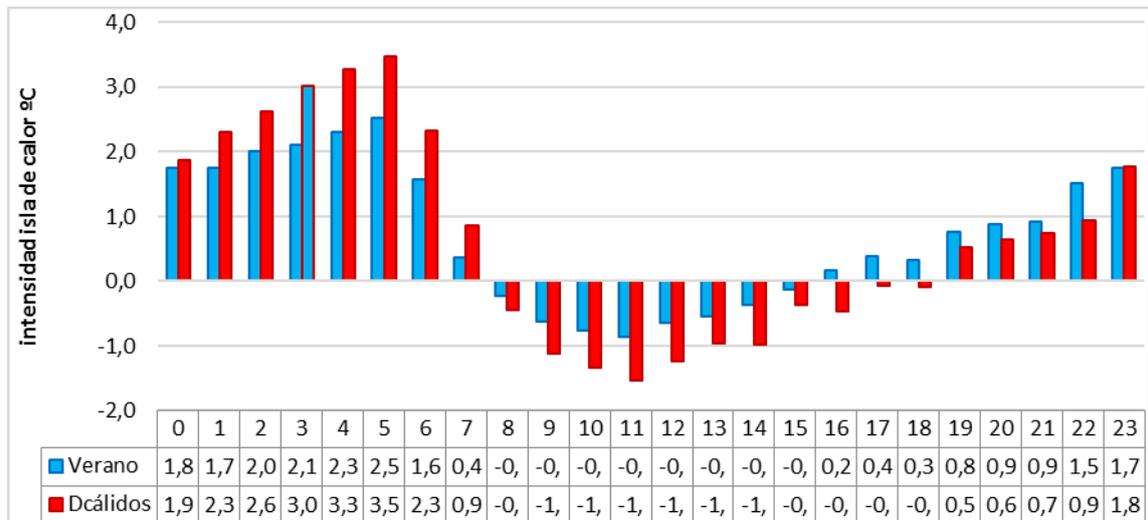


**Figura 3.11** Intensidad de la isla de calor diurna (Tmx) y nocturna (Tmín) en verano y en los días cálidos entre Barajas y Retiro (1961- 2010)

La isla de calor sigue un ciclo diario, relacionado con los mecanismos que intervienen en su formación y que hemos enumerado en el apartado anterior, tal y como se muestra en la **figura 3.12**. En ella hemos representado el ciclo diario de la isla de calor típico del verano (medias horarias de todos los días estivales con temperaturas máximas inferiores a 36,5°C y representada en el gráfico como **DV**) y el correspondiente sólo a los días cálidos (medias horarias de los días en los que las máximas de Barajas han superado los 36,5°C, en el gráfico corresponde a **DC**). La isla de calor se ha obtenido comparando los valores térmicos horarios del conjunto de la red meteorológica municipal con los del aeropuerto de Barajas (TurbanotBarajas).

Dos son las principales conclusiones:

- La primera es que el ciclo diario apenas varía durante los episodios cálidos: la isla de calor comienza a formarse a partir de las 22 (hora local), alcanza su máxima intensidad a las 5 de la madrugada y desaparece a las 7, hora a partir de la cual las zonas rurales comienzan a recibir radiación y el ascenso de la temperatura en ellas es más rápido que en la ciudad.
- La segunda es que la intensidad de la isla de calor aumenta durante los días cálidos.



**Figura 3.12** Ciclo diario de la isla de calor típica de verano y durante los días cálidos. En eje horizontal, horas.

(Fernández García, F y Rasilla Álvarez, D. 2001-2009)

Desde la óptica bioclimática la consecuencia más importante es que en la ciudad el estrés térmico se mantiene durante las 24 horas del día, lo que agudiza la sensación de discomfort y, por tanto, los efectos negativos sobre la población (Fernández y Rasilla, 2012). Será este uno de los principales criterios que se tendrá en cuenta a la hora de cuantificar el impacto de la isla de calor.

### 3.2.2.- Patrones de distribución espacial

En este apartado se muestra la distribución espacial de las islas de calor (atmosférica, superficial y fisiológica) obtenidas a partir de la cartografía de las temperaturas mínimas diarias del aire (Fig. 3.13; Fig.3.16), de la superficie (Fig. 3.14; Fig.3.17) y de la Temperatura fisiológica (Fig. 3.15; Fig.3.18), en los días normales de verano (tmax inferior a 36,5°C) y en los días cálidos (Tmx superior a 36,5°C). Cada una de las figuras mencionadas forman un GRID con una resolución de 50\*50, obtenidos a partir de la captura y posprocesado de la LST (Land Surface Temperature) obtenida del MODIS, la temperatura del aire homogeneizada de la red de observatorios estatal, municipal y urbana y, finalmente, del PET (Physiological Equivalent Temperature).

La intensidad de la isla de calor se ha obtenido como diferencia entre los valores registrados en cada pixel y el valor medio correspondiente a los usos no urbanos (Forest, Agrícola + Semi-natural areas + Wetlands) del conjunto de la imagen.

Puesto que el clima urbano, como señalamos en su momento, es un clima regional modificado, los patrones espaciales de la isla de calor se han presentado a escala metropolitana y para la ciudad de Madrid. Para cada uno de ellos se han obtenido una serie de estadísticos representativos como son: la intensidad de la isla y la superficie ocupada por diferentes categorías de intensidad (débil, moderada, etc.) siguiendo los umbrales definidos en el apartado 3.2.1, (**Tabla 3.3, Tabla 3.4, Tabla 3.5 y Tabla 3.6** correspondientes al área metropolitana; **Tabla 3.7; Tabla 3.8, Tabla 3.9 y Tabla 3.10**, para el municipio de Madrid.)

Los rasgos comunes y generales a todas ellas podemos resumirlos en:

Una intensificación de la isla de calor en los días cálidos de verano, especialmente significativa en los valores máximos y un aumento del área afectada por islas de calor, intensas y muy intensas (superiores a 6°C) en los episodios cálidos de verano.

### 3.2.2.1.- Intensidad de la isla de calor en el Área metropolitana

Considerando el conjunto del área metropolitana, la intensidad media de las islas de calor oscila entre un mínimo de 0,2°C correspondiente a la isla superficial de los días cálidos de verano y un máximo de 1,4 de la isla fisiológica. Las diferencias entre los días cálidos y los normales de verano, apenas varían en los valores medios, pero son importantes en las intensidades máximas que se mantienen por encima de los 8°C en las temperaturas del aire y fisiológica con diferencias superiores a 1°C en los periodos cálidos. (**Tab. 3.3**)

**Tabla 3.3** Área metropolitana. Estadísticos de la isla del aire, isla superficial y la isla fisiológica para los días de verano y los días cálidos

	Isla aire		Isla superficial		Isla fisiológica (PET)	
	md	máx	md	máx	md	máx
<b>ver</b>	1,0	7,9	0,4	4,1	1,2	10,3
<b>dc</b>	1,2	8,9	0,2	4,4	1,4	11,3

**md:** intensidad media; **máx** intensidad máxima; **ver:** días normales de verano; **dc:** días cálidos.

## Área metropolitana. Isla de calor atmosférica (temperatura del aire)

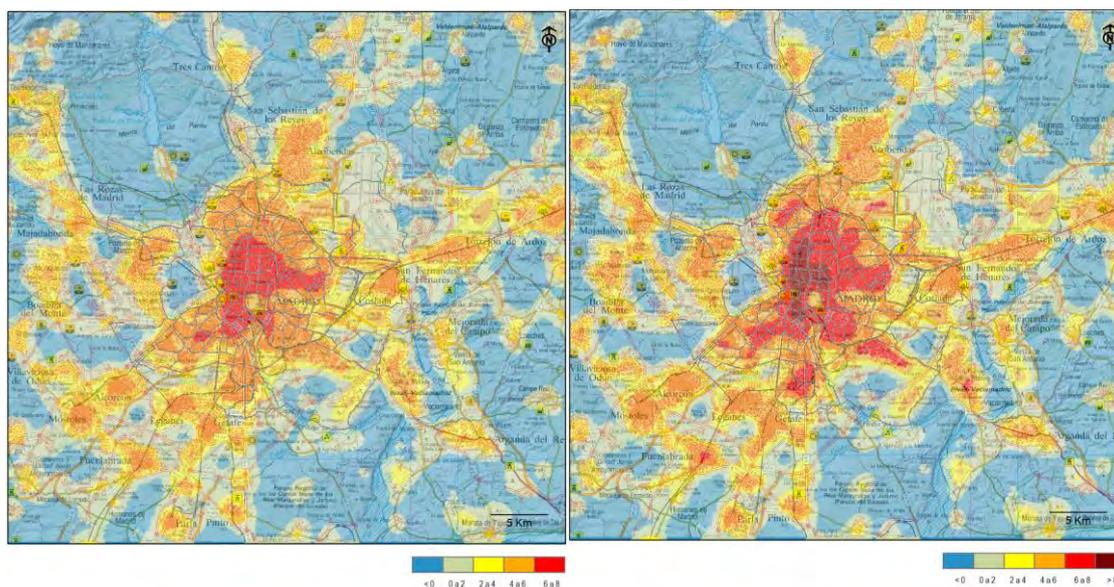


Figura 3.13 Distribución espacial de la Isla de calor del aire en verano (izq.) y en los días cálidos (der.)

Tabla 3.4 Superficie correspondiente a las distintas categorías de isla de calor de verano y de días cálidos

Tipo	Umbral	islaairver		islaairdc	
		Área(Ha)	Área(%)	Área(Ha)	Área(%)
Sin isla	< 0	103212,1	42,0	103264,1	42,1
Débil	0 a 2	77125,5	31,4	68384,4	27,9
Moderada	2 a 4	40376,2	16,4	37769,1	15,4
Fuerte	4 a 6	20572,8	8,4	26911,8	11,0
Muy fuerte	6 a 8	4233,6	1,7	7845,7	3,2
Extremadamente fuerte	> 8	0,0	0,0	1345,2	0,5
	<b>TOTAL</b>	<b>245520,3</b>	<b>100,0</b>	<b>245520,3</b>	<b>100,0</b>

## Área metropolitana. Isla de calor superficial (temperatura del suelo)

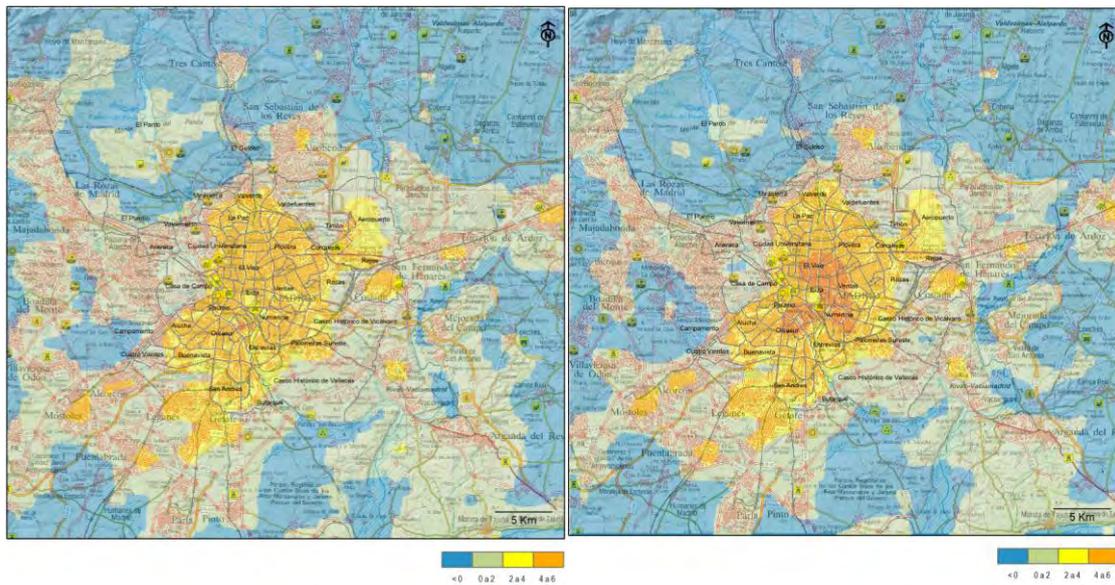


Figura 3.14 Distribución espacial de la Isla de calor superficial en verano (izq.) y en los días cálidos (der.)

Tabla 3.5 Superficie correspondiente a las distintas categorías de la isla de calor superficial de verano y de días cálidos

Tipo	Umbral	islatsver		islatsdc	
		Área(Ha)	Área(%)	Área(Ha)	Área(%)
Sin isla	< 0	101836,8	41,5	123390,3	50,3
Débil	0 a 2	117036,3	47,7	95162,5	38,8
Moderada	2 a 4	26514,1	10,8	24053,9	9,8
Fuerte	4 a 6	133,0	0,1	2913,6	1,2
Muy fuerte	6 a 8	0,0	0,0	0,0	0,0
Extremadamente fuerte	> 8	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>TOTAL</b>	<b>245520,3</b>	<b>100,0</b>	<b>245520,3</b>	<b>100,0</b>

### Área metropolitana. Isla de calor bioclimática (temperatura fisiológica. PET)

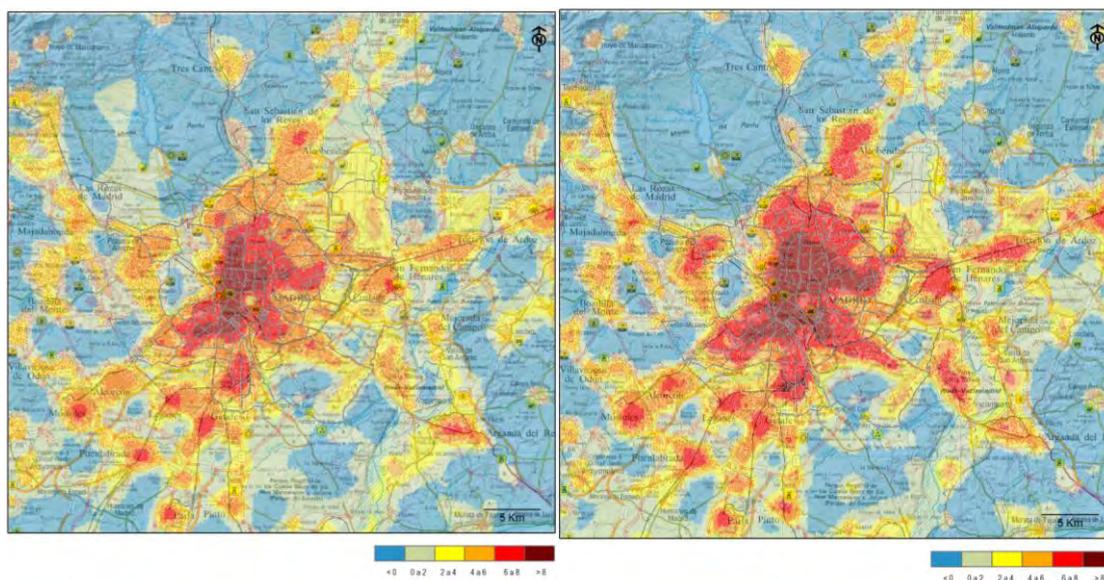


Figura 3.15 Distribución espacial de la Isla de calor fisiológica en verano (izq.) y en los días cálidos (der.)

Tabla 3.6 Superficie correspondiente a las distintas categorías de la isla de calor fisiológica (PET) de verano y de días cálidos

Tipo	Umbral	islapetver		islapetdc	
		Área(Ha)	Área(%)	Área(Ha)	Área(%)
Sin isla	< 0	95553,3	38,9	94918,9	38,7
Débil	0 a 2	72058,5	29,3	64548,3	26,3
Moderada	2 a 4	44239,6	18,0	39984,4	16,3
Fuerte	4 a 6	23740,4	9,7	25289,2	10,3
Muy fuerte	6 a 8	7265,6	3,0	15346,9	6,3
Extremadamente fuerte	>8	2662,8	1,1	5432,6	2,2
	<b>TOTAL</b>	<b>245520,3</b>	<b>100,0</b>	<b>245520,3</b>	<b>100,0</b>

### 3.2.2.2.- Intensidad de la isla de calor en el municipio de Madrid

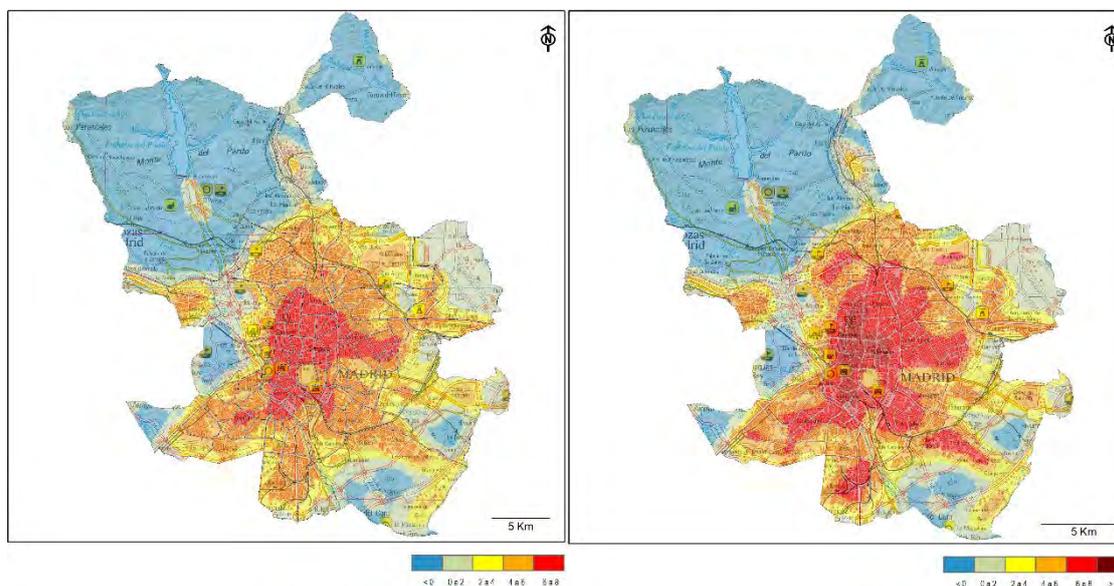
Centrándonos en el límite del municipio de Madrid, se mantienen las tendencias apuntadas para el área metropolitana modificándose ligeramente los valores correspondientes a los estadísticos considerados. Las mayores intensidades corresponden a la isla de calor fisiológica y las mínimas a la isla de calor superficial; los valores medios aumentan ligeramente en conjunto al área metropolitana. (Tab. 3.7)

**Tabla 3.7** Municipio de Madrid. Estadísticos de la isla del aire, isla superficial y la isla fisiológica para los días de verano y los días cálidos

	isla aire		isla superficial		isla fisiológica (PET)	
	md	máx	md	máx	md	máx
<b>ver</b>	2,1	7,9	1,3	4,1	2,6	10,4
<b>dc</b>	2,4	8,9	1,5	4,7	3,1	11,8

**md:** intensidad media; **máx** intensidad máxima; **ver:** días normales de verano; **dc:** días cálidos.

#### Municipio de Madrid. Isla de calor atmosférica (temperatura del aire)

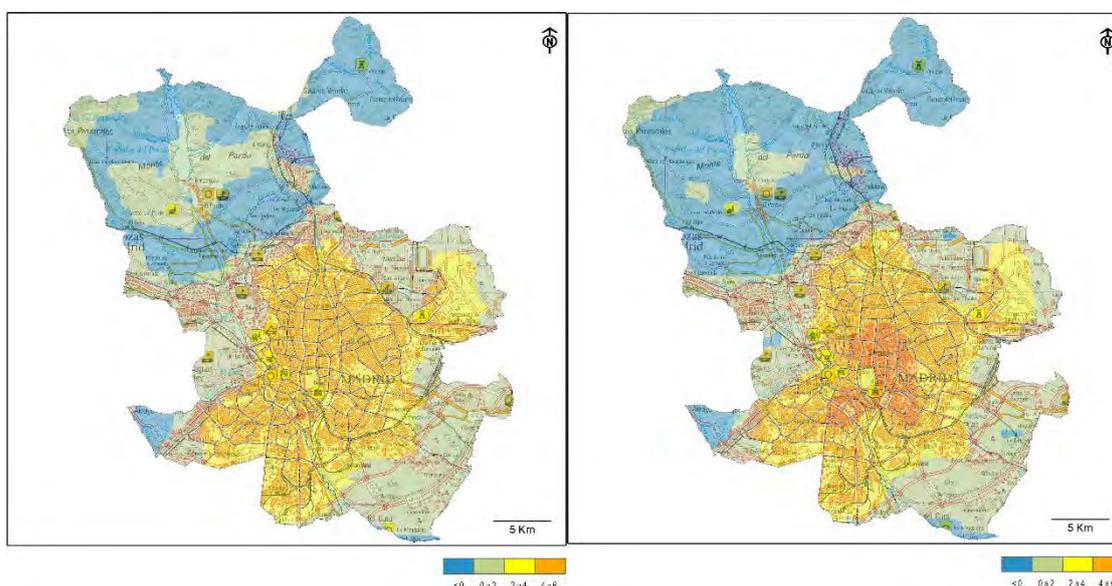


**Figura 3.16** Distribución de la Isla de calor del aire en verano (izq.) y en los días cálidos (der.)

**Tabla 3.8** Superficie correspondiente a las distintas categorías de la isla de calor del aire de verano y de días cálidos

Tipo	Umbral	islaairver		islaairdc	
		Área(Ha)	Área(%)	Área(Ha)	Área(%)
Sin isla	< 0	20651,6	34,2	20675,2	34,2
Débil	0 a 2	11365,9	18,8	9891,5	16,4
Moderada	2 a 4	11093,5	18,4	8515,3	14,1
Fuerte	4 a 6	13096,9	21,7	12337,3	20,4
Muy fuerte	6 a 8	4233,6	7,0	7674,2	12,7
Extremadamente fuerte	>8	0,0	0,0	1345,2	2,2
	<b>TOTAL</b>	<b>60441,6</b>	<b>100,0</b>	<b>60441,6</b>	<b>100,0</b>

**Municipio de Madrid. Isla de calor superficial (temperatura del suelo)**



**Figura 3.17** Distribución de la isla de calor superficial en verano (izq.) y en los días cálidos (der.)

**Tabla 3.9** Superficie correspondiente a las distintas categorías de la isla de calor superficial de verano y de días cálidos

Tipo	Umbral	islatver		islatdc	
		Área(Ha)	Área(%)	Área(Ha)	Área(%)
Sin isla	< 0	14694,6	24,3	14498,7	24,0
Débil	0 a 2	24806,5	41,0	22428,0	37,1
Moderada	2 a 4	20806,4	34,4	18178,9	30,1
Fuerte	4 a 6	133,0	0,2	5338,5	8,8
Muy fuerte	6 a 8	0,0	0,0	0,0	0,0
Extremadamente fuerte	>8	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>TOTAL</b>	<b>60441,6</b>	<b>100,0</b>	<b>60441,6</b>	<b>100,0</b>

### Municipio de Madrid. Isla de calor bioclimática (temperatura fisiológica. PET)

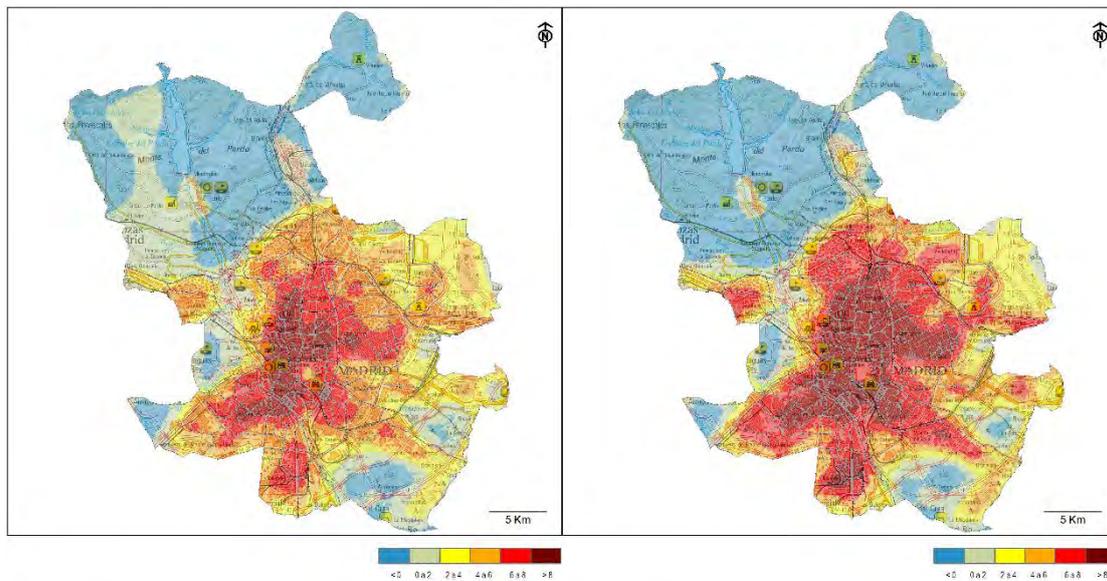


Figura 3.18 Distribución de la isla de calor fisiológica en verano (izq.) y en los días cálidos (der.)

Tabla 3.10 Superficie correspondiente a las distintas categorías de la isla de calor de la PET de verano y de días cálidos

Tipo	Umbral	islapetver		islapetdc	
		Área(Ha)	Área(%)	Área(Ha)	Área(%)
Sin isla	< 0	16456,2	27,2	19900,8	32,9
Débil	0 a 2	11918,8	19,7	6608,5	10,9
Moderada	2 a 4	10263,5	17,0	7859,3	13,0
Fuerte	4 a 6	12629,6	20,9	8671,8	14,3
Muy fuerte	6 a 8	6334,8	10,5	10293,3	17,0
Extremadamente fuerte	>8	2834,4	4,7	7102,9	11,8
	<b>TOTAL</b>	<b>60441,6</b>	<b>100,0</b>	<b>60441,6</b>	<b>100,0</b>

### 3.3.- Impacto de la isla de calor: Distribución espacial

Dos han sido los criterios utilizados para determinar el índice de impacto de la isla de calor: la intensidad de la isla de calor del aire en los días cálidos del verano y el estrés térmico derivado de la PET.

En el primer caso se han obtenido 5 categorías de impacto en función del carácter débil, moderado, fuerte, muy fuerte o extremadamente fuerte de la isla de calor (Tab. 3.11); el estrés térmico se ha agrupado en cuatro intervalos en función del valor de la PET: se ha tomado como referencia el valor de 20°C, umbral a partir del cual se considera noche cálida (Tab.3.12). La suma de ambos índices nos ha permitido elaborar hasta 8 rangos de valoración de impacto de la isla de calor (Tab. 3.13) representados por un GRID con una resolución de 50\*50 m

**Tabla 3.11** Índice de impacto de acuerdo con la intensidad de la isla de calor atmosférica (A)

Tipo	Umbral	Índice <sub>A</sub>
Débil	< 2	0
Moderada	2 a 4	1
Fuerte	4 a 6	2
Muy fuerte	6 a 8	3
Extremadamente fuerte	> 8	4

**Tabla 3.12** Índice de impacto de acuerdo con el valor de la PET (B)

Umbral	Índice <sub>B</sub>
< 20	0
20 a 21	1
21 a 22	2
> 22	3

**Tabla 3.13** Índice del impacto de la isla de calor, resultante de la suma de A+B

Tipo	Índice
Nulo	0
Débil	1
Débil +	2
Moderado	3
Moderado +	4
Fuerte	5
Fuerte +	6
Muy fuerte	7

Como resultados se aporta una cartografía a tres niveles, los dos primeros de aproximación y como marco general de referencia: área metropolitana (Fig. 3.19) y municipal (Fig. 3.20) y un último nivel incluye una cartografía de detalle del impacto de la isla de calor por barrios (apartado 3.3.2) como documento orientado a la planificación térmica urbana.

### 3.3.1.- Mapa de impacto en el área metropolitana y en el municipio de Madrid

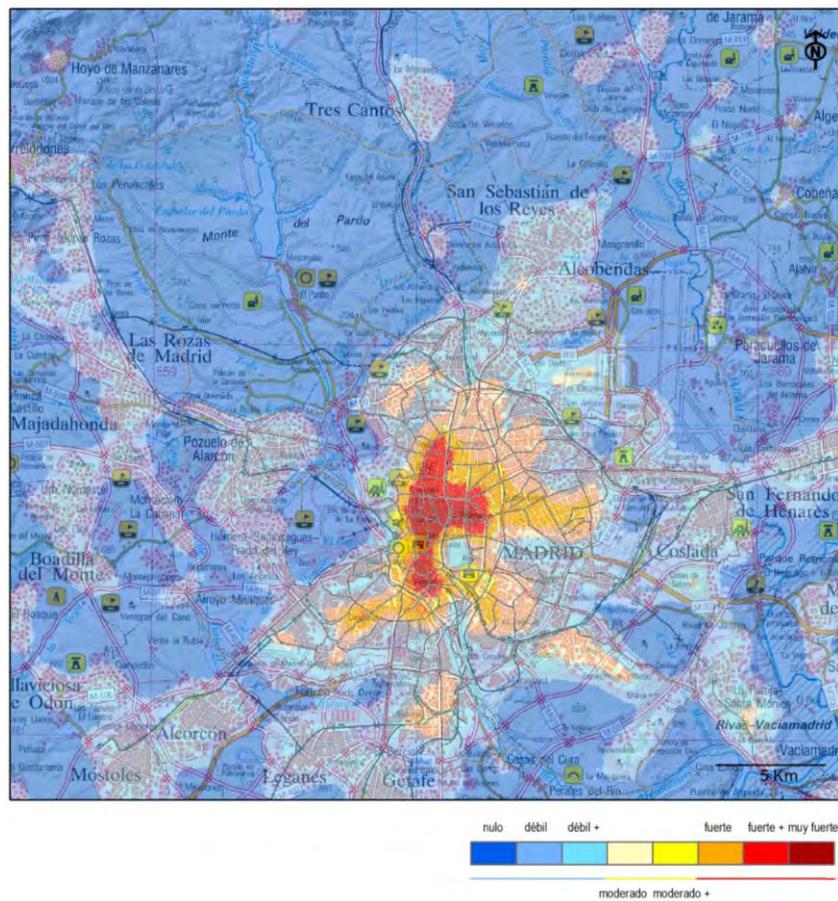
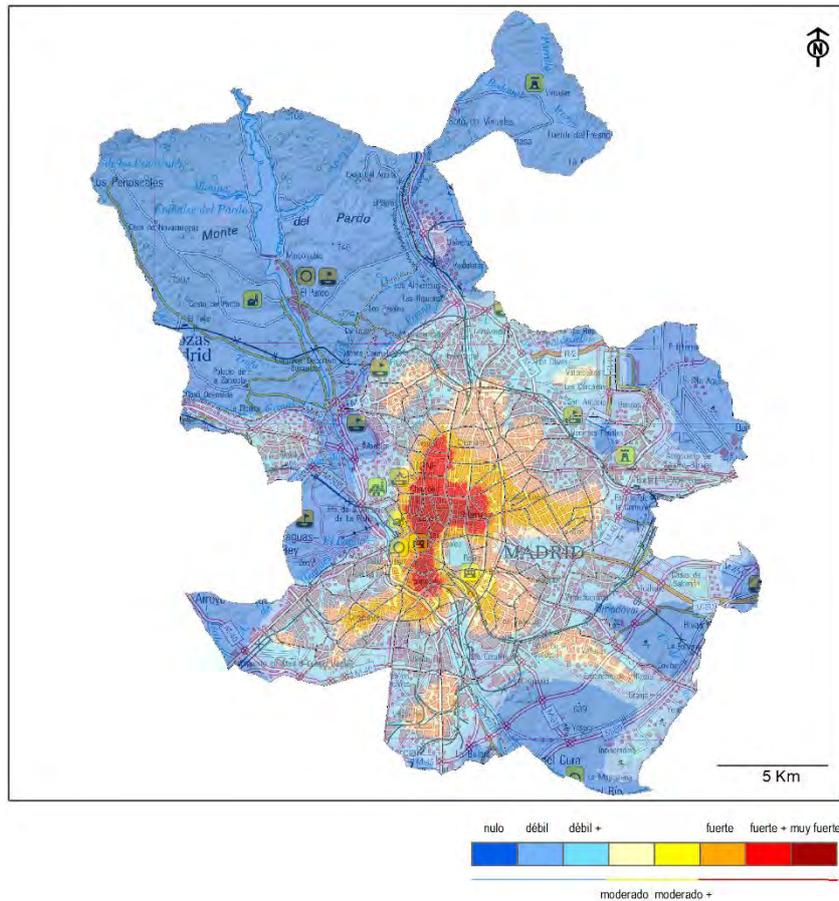


Figura 3.19 Índice de impacto de la isla de calor en el área metropolitana del municipio de Madrid



**Figura 3.20** Índice de impacto de la isla de calor en el municipio de Madrid

**Tabla 3.14** Distribución de la superficie según el índice de impacto de la isla de calor

Tipo	Índice	A. Metropolitana		Municipio Madrid	
		Área (Ha)	Área (%)	Área (Ha)	Área (%)
Nulo	0	171648,4	69,9	30569,5	50,6
Débil	1	37769,1	15,4	8515,3	14,1
Débil +	2	26912,1	11,0	12337,6	20,4
Moderado	3	5151,4	2,1	4979,9	8,2
Moderado +	4	2216,2	0,9	2216,2	3,7
Fuerte	5	494,2	0,2	494,2	0,8
Fuerte +	6	690,4	0,3	690,4	1,1
Muy fuerte	7	638,3	0,3	638,3	1,1
	<b>TOTAL</b>	<b>245520,3</b>	<b>100,0</b>	<b>60441,6</b>	<b>100,0</b>

### **3.3.2.- Mapas de impacto de los barrios de Madrid**

La última escala aporta una cartografía detallada del impacto de la isla de calor en cada uno de los barrios del Ayuntamiento de Madrid ordenados y codificados alfabéticamente (**Fig. 3.21**). Para cada uno de los barrios se representan y cuantifican los usos de suelo procedentes del URBAN ATLAS agrupados en seis niveles en función de su tipología: infraestructuras verdes, industrial y vías de comunicación, áreas urbanas, aeropuertos, áreas en proceso de urbanización y otras tipologías sin denominación definida; a su vez, y en función de su capacidad térmica, los usos han sido agrupados en permeables e impermeables cuantificando su superficie. La finalidad es conseguir una representación cartográfica que permita al gestor evaluar térmicamente las posibles consecuencias de periodos continuados de calor y planificar intervenciones destinadas a minimizar sus efectos. El resultado final es una **guía para la interpretación térmica de la isla de calor del Ayuntamiento de Madrid**.

Para facilitar la lectura de las fichas de cada barrio se aporta una guía de interpretación en la que se realiza una descripción detallada de cada uno de los ítems (**Fig. 3.22**)

Figura 3.21 Distribuidor de barrios y referencia numérica a las fichas

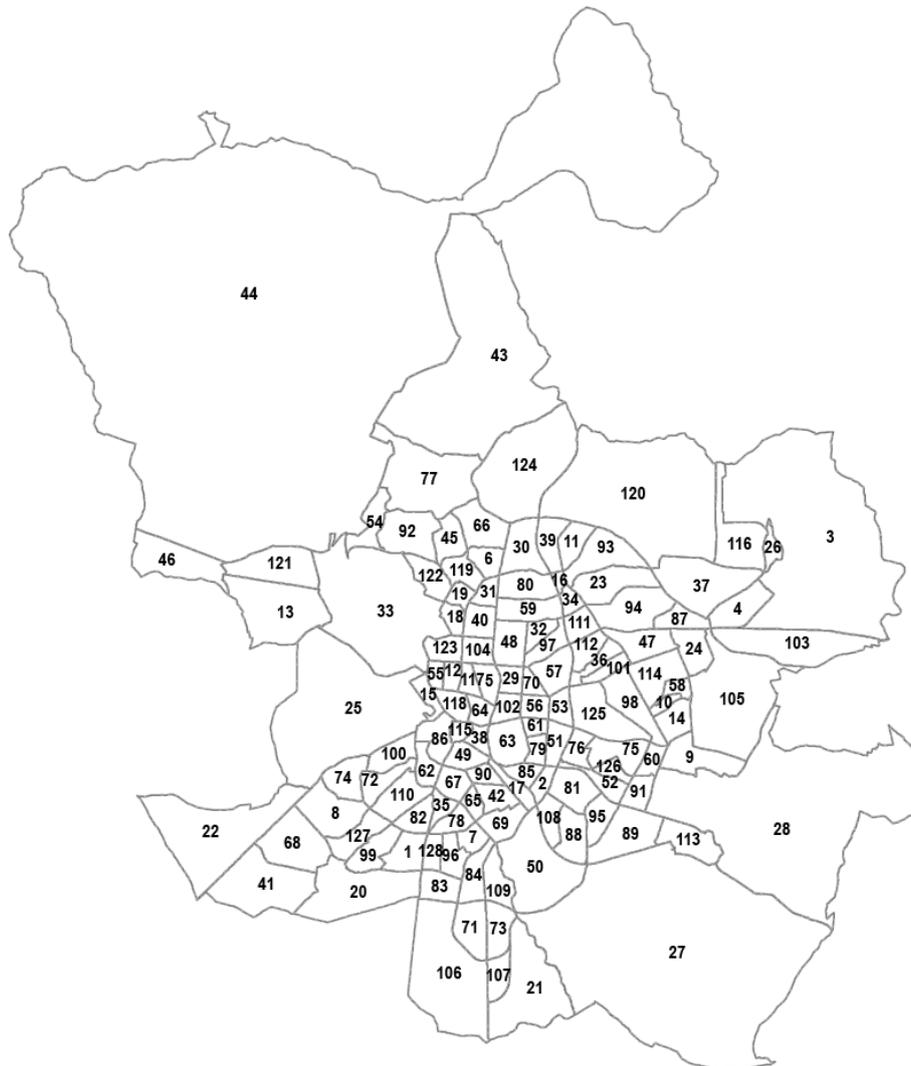
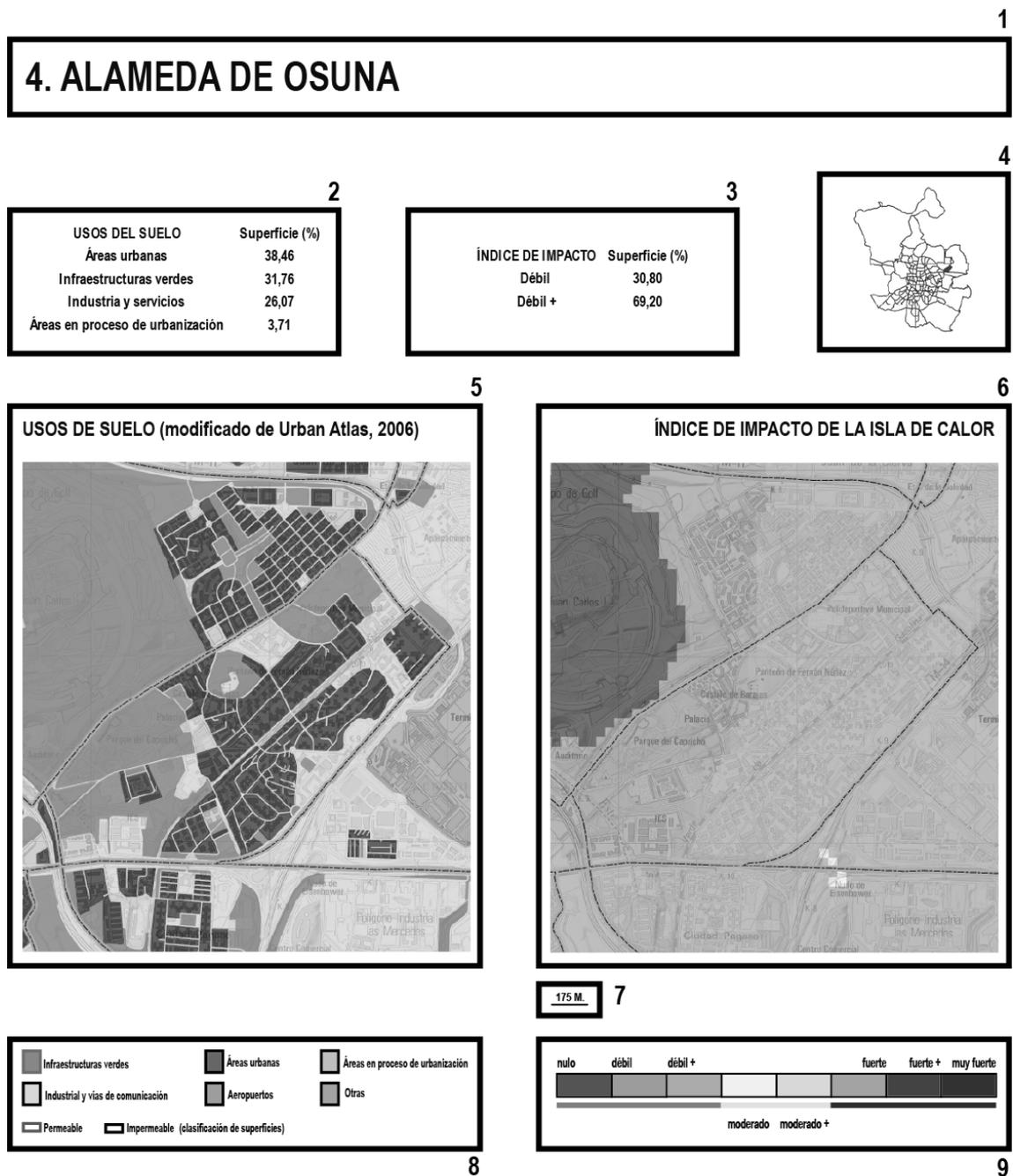


Figura 3.22 Guía para la interpretación de las fichas



1. Número y nombre del barrio
2. Porcentaje de superficie por tipos de usos de suelo
3. Porcentaje de superficie afectada por las categorías de Impacto de la Isla de Calor
4. Localización del barrio en el municipio de Madrid
5. Usos de suelo (Urban Atlas, 2006)

6. Índice de impacto de la Isla de Calor
7. Escala
8. Leyenda usos de suelo
9. Leyenda índice de impacto de la Isla de Calor

# 1. ABRANTES

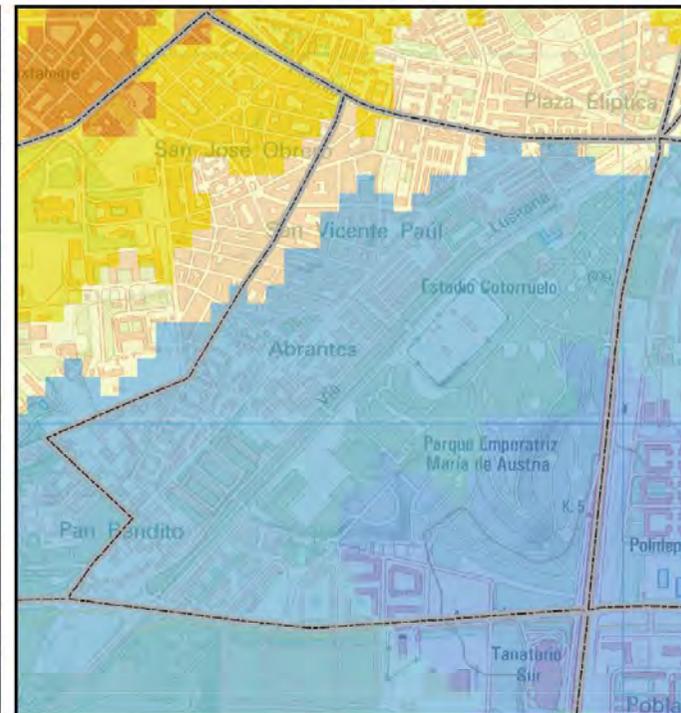
USOS DEL SUELO	%
Áreas urbanas	36,63
Infraestructuras verdes	46,99
Industrial y vías de comunicación	16,38

ÍNDICE DE IMPACTO	%
Débil	20,9
Débil +	70,7
Moderado	8,1
Moderado +	0,4



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



## 2. ADELFA

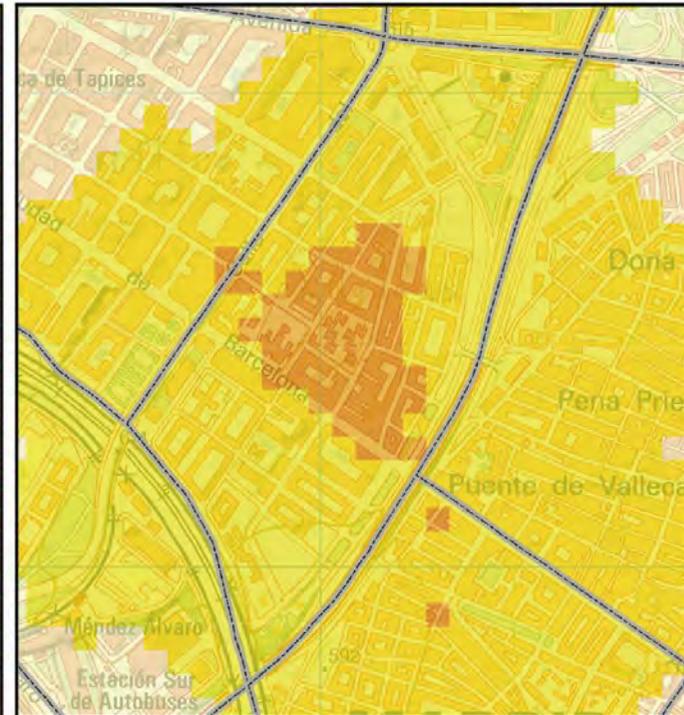
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	43,60
Infraestructuras verdes	3,21
Industria y servicios	48,26
Áreas en proceso de urbanización	4,93

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado +	79,53
Fuerte	20,47



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR

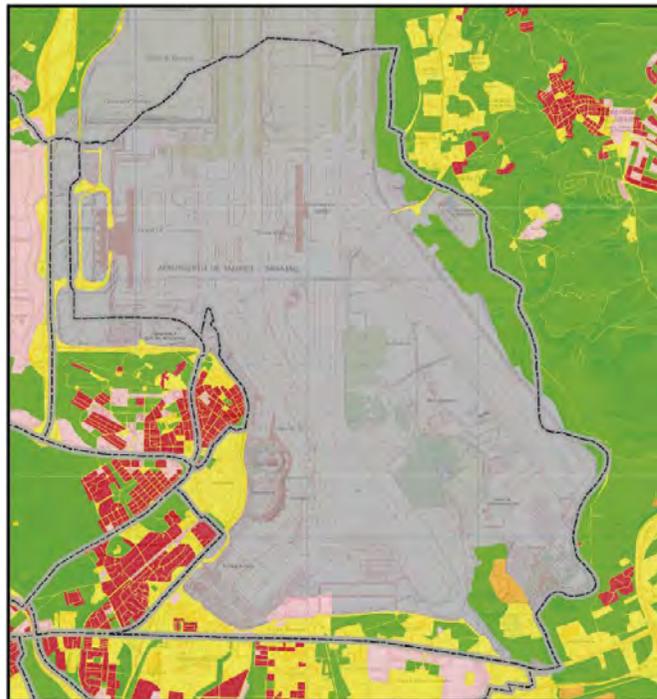


### 3. AEROPUERTO

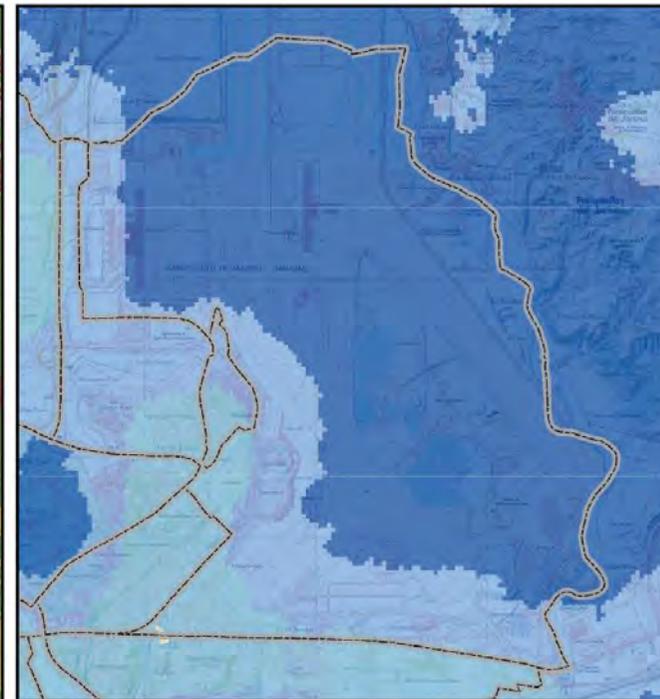
USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	0,10	Nulo	71,83
Infraestructuras verdes	62,40	Débil	22,57
Industria y servicios	36,37	Débil +	5,59
Áreas en proceso de urbanización	0,69	Moderado	0,01
Actividades extractivas	0,44		



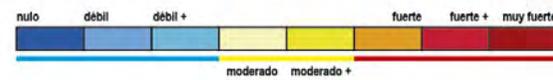
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



500 M.



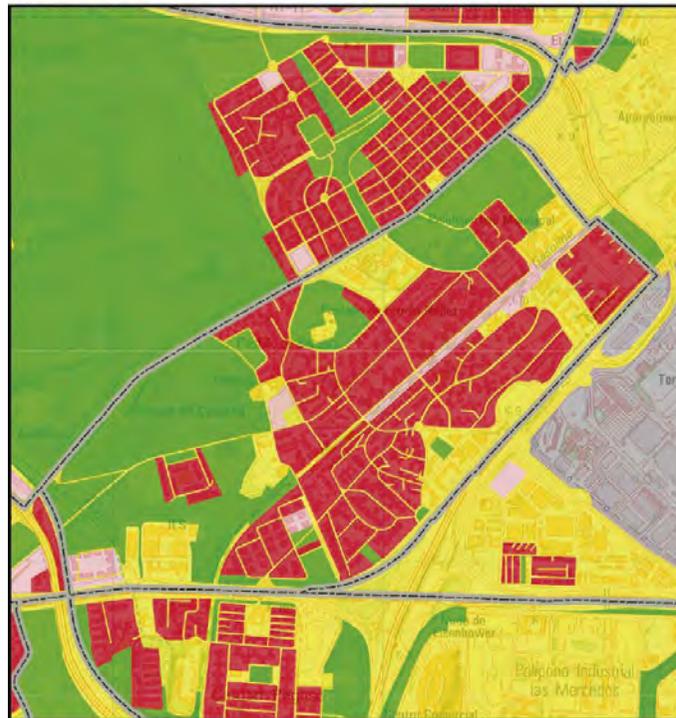
# 4. ALAMEDA DE OSUNA



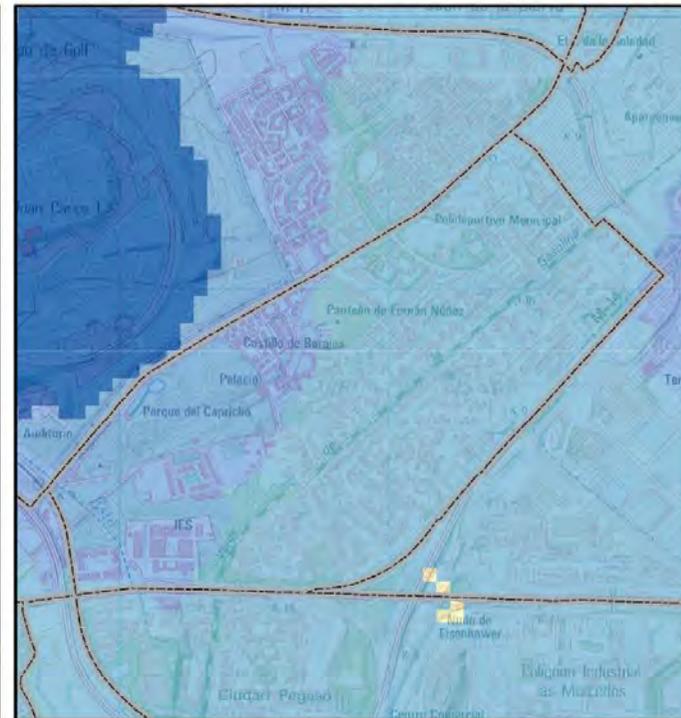
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	38,46
Infraestructuras verdes	31,76
Industria y servicios	26,07
Áreas en proceso de urbanización	3,71

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	30,80
Débil +	69,20

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



175 M.



# 5. ALMAGRO



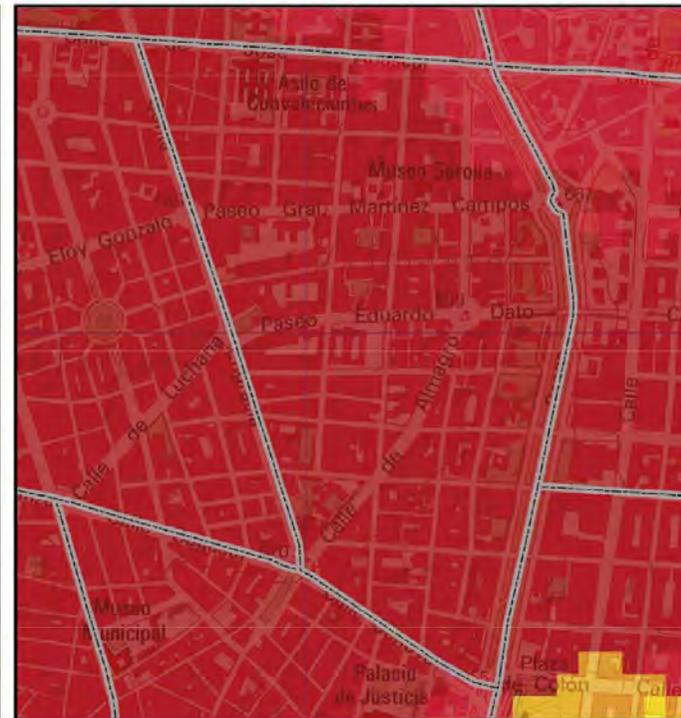
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	67,31
Infraestructuras verdes	0,94
Industria y servicios	31,74

INDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Fuerte +	5,04
Muy fuerte	94,96

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



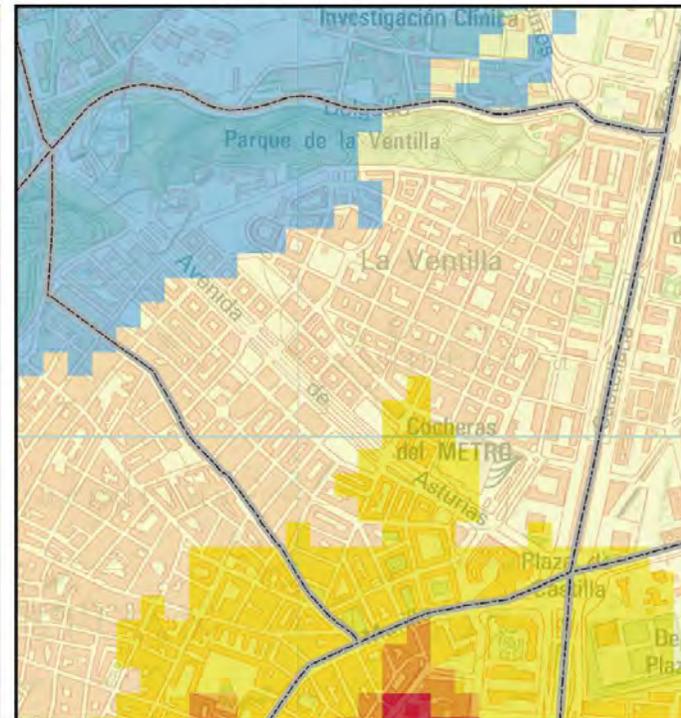
# 6. ALMENARA



USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	47,63	Débil +	23,58
Infraestructuras verdes	16,28	Moderado	62,06
industria y servicios	36,09	Moderado +	14,33

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 7. ALMENDRALES

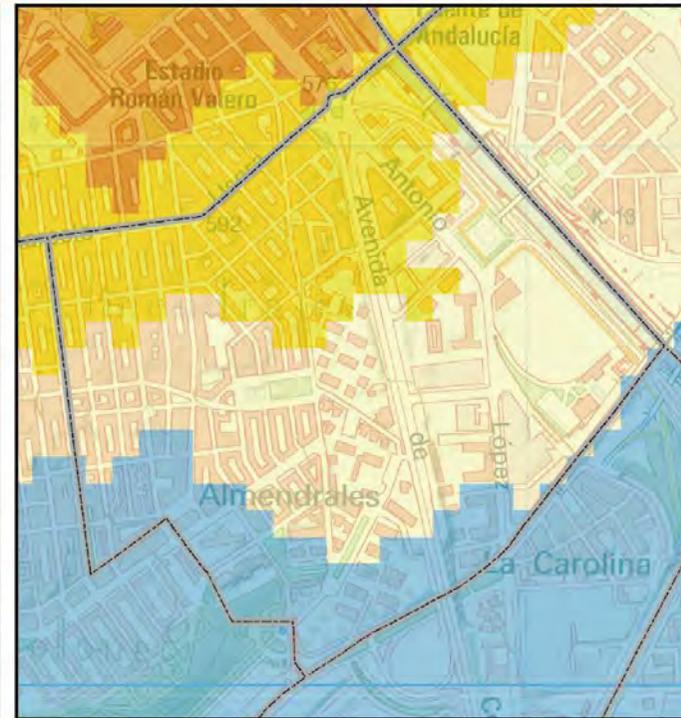
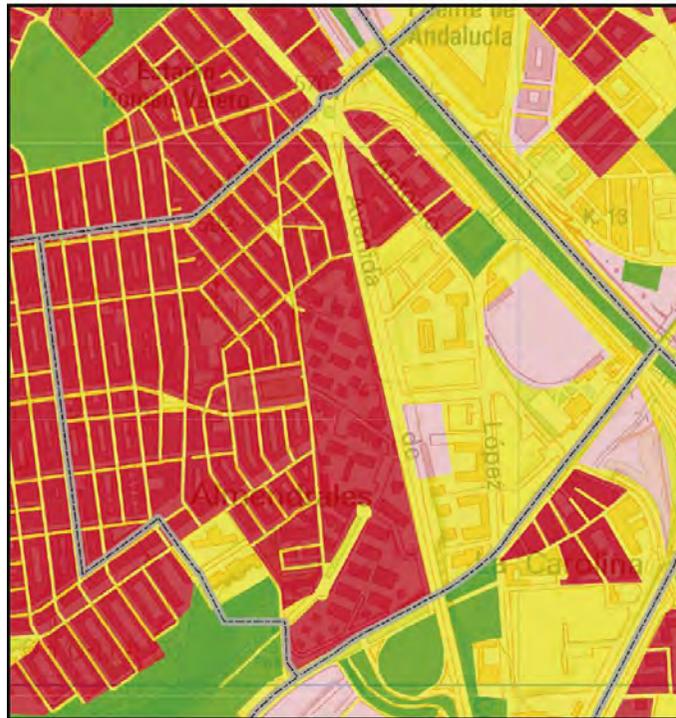


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	51,69
Infraestructuras verdes	4,54
Industria y servicios	38,55
Áreas en proceso de urbanización	5,22

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	18,60
Moderado	52,98
Moderado +	28,42

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



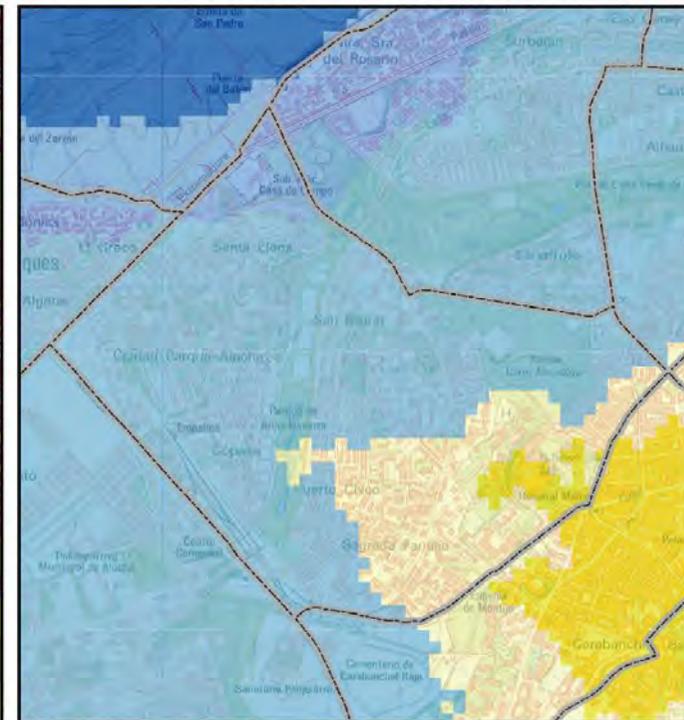
# 8. ALUCHE



USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	47,57	Débil	4,71
Infraestructuras verdes	16,46	Débil +	69,55
Industria y servicios	34,62	Moderado	22,81
Áreas en proceso de urbanización	1,35	Moderado +	2,94

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



225 M.



# 9. AMBROZ

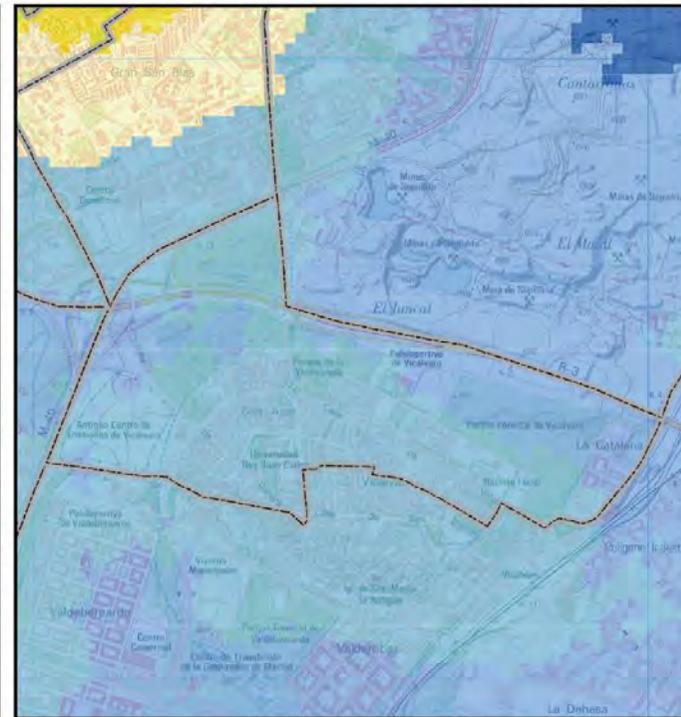
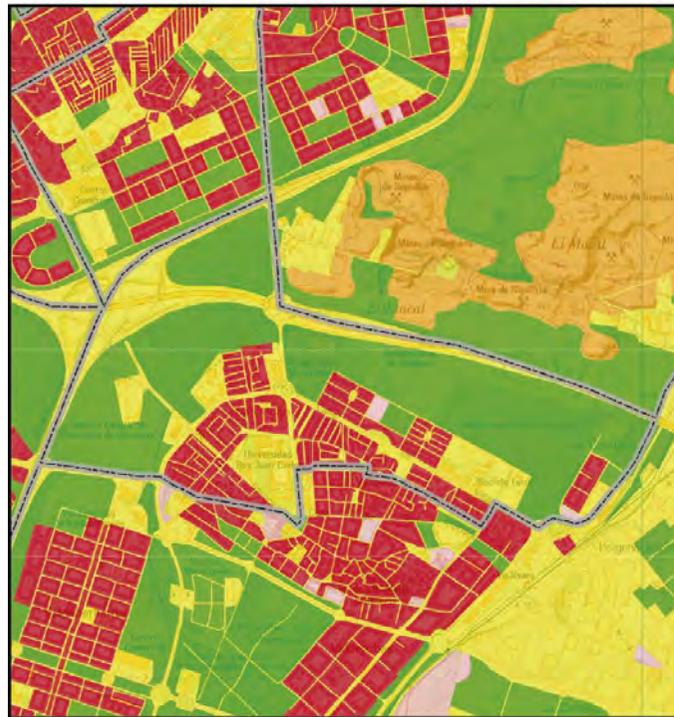


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	16,99
Infraestructuras verdes	51,46
Industria y transporte	30,99
Áreas en proceso de urbanización	0,56

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	29,56
Débil +	70,44

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

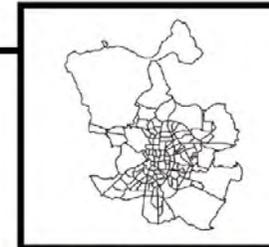
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



250 M.



# 10. AMPOSTA

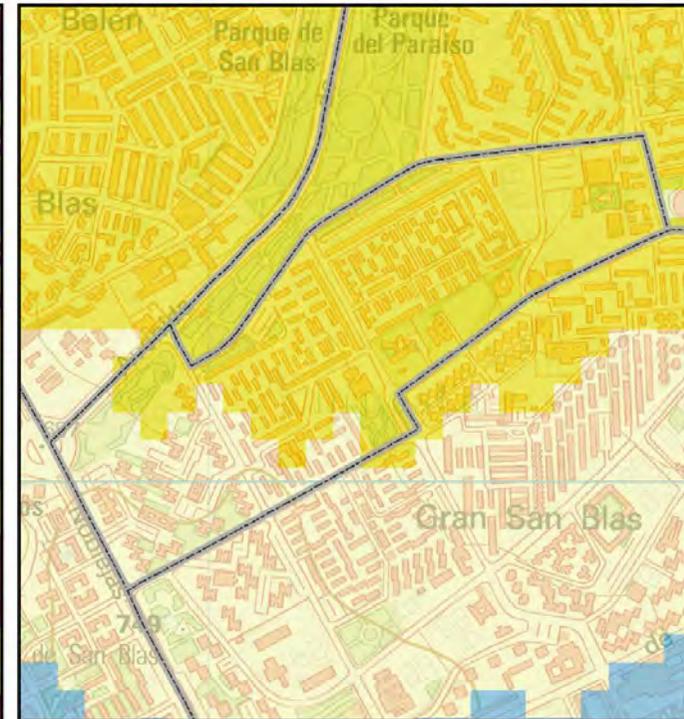


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	53,6
Infraestructuras verdes	8,78
Industria y servicios	37,62

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	28,15
Moderado +	71,85

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



75 M.



# 11. APOSTOL SANTIAGO

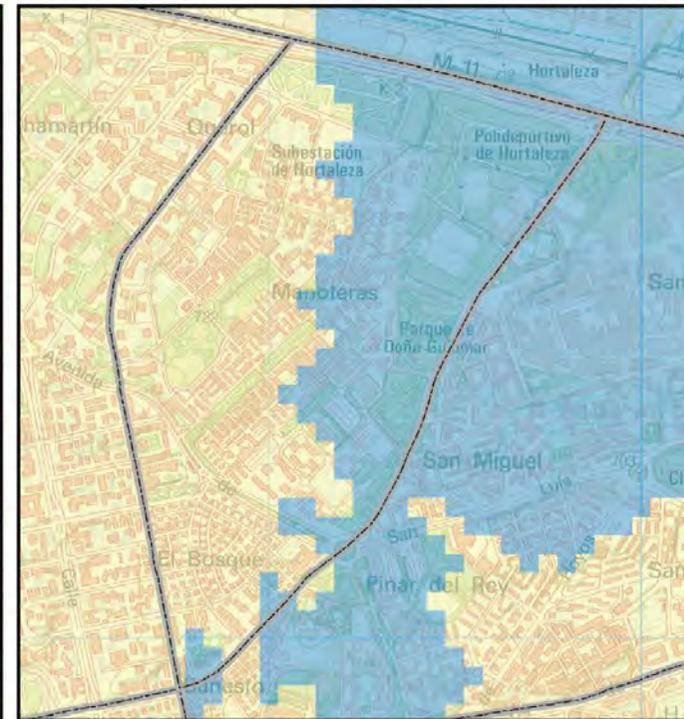


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	40,03
Infraestructuras verdes	24,91
Industria y servicios	22,63
Áreas en proceso de urbanización	12,43

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	45,09
Moderado	54,91

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



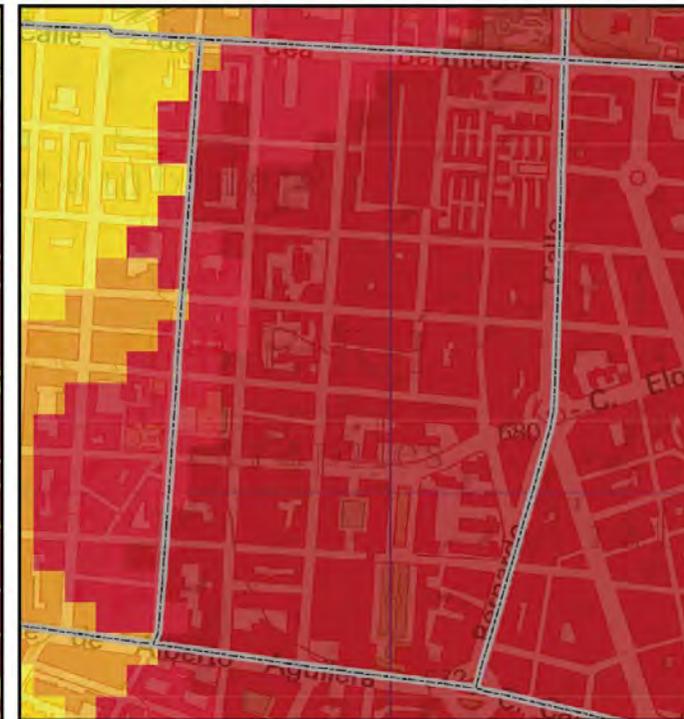
# 12. ARAPILES



USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	73,79	Fuerte	0,36
Infraestructuras verdes	2,28	Fuerte +	13,21
Industria y servicios	23,93	Muy fuerte	86,43

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



■ Infraestructuras verdes    
 ■ Áreas urbanas    
 ■ Áreas en proceso de urbanización  
■ Industrial y vías de comunicación    
 ■ Aeropuertos    
 ■ Otras  
 Permeable    
 Impermeable (clasificación de superficies)

75 M.

nulo    débil    débil +    moderado    moderado +    fuerte    fuerte +    muy fuerte

# 13. ARAVACA



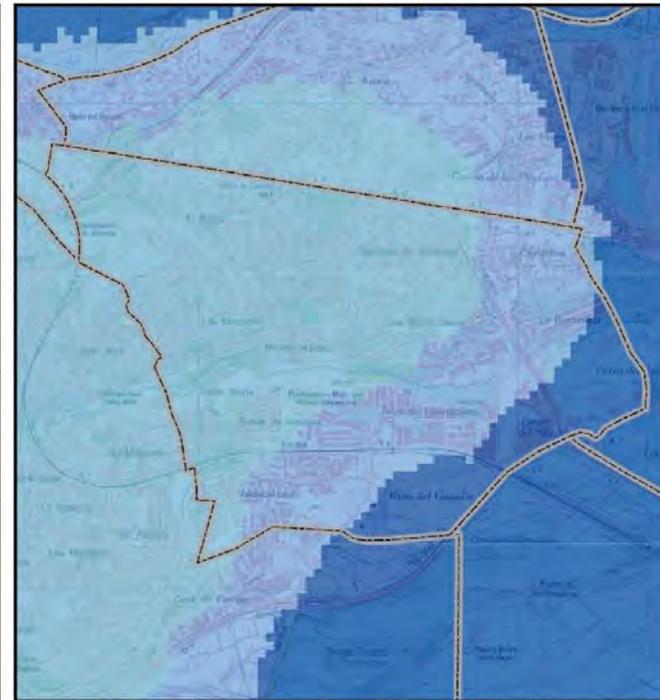
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	45,56
Infraestructuras verdes	34,53
Industria y servicios	18,80
Áreas en proceso de urbanización	1,05
Actividades extractivas	0,06

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	13,60
Débil	28,56
Débil +	57,84

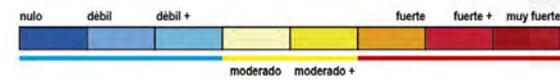
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



250 M.



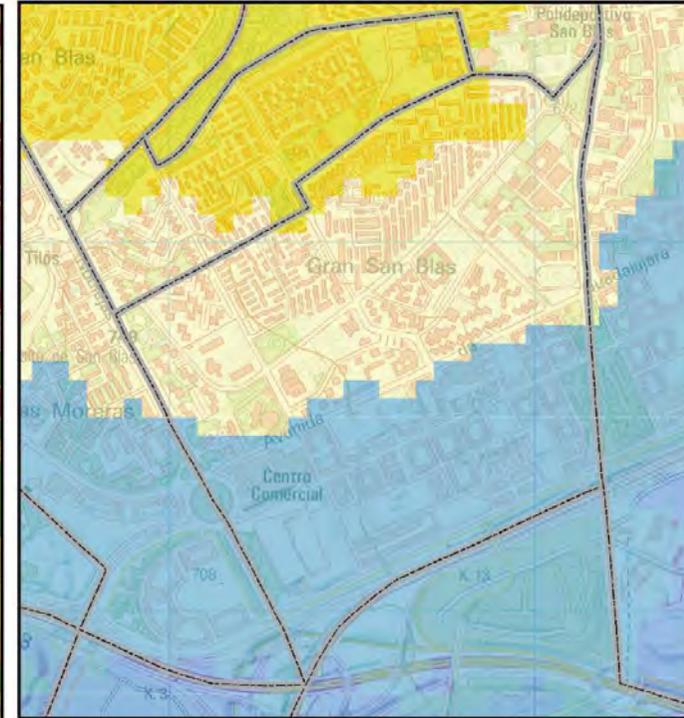
# 14. ARCOS



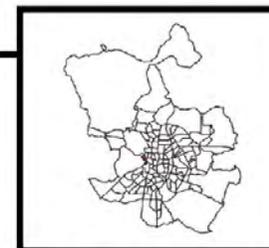
USOS DEL SUELO	Superficie (%)	INDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	39,71	Débil +	41,78
Infraestructuras verdes	17,76	Moderado	51,25
Industria y servicios	42,53	Moderado +	6,97

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 15. ARGÜELLES

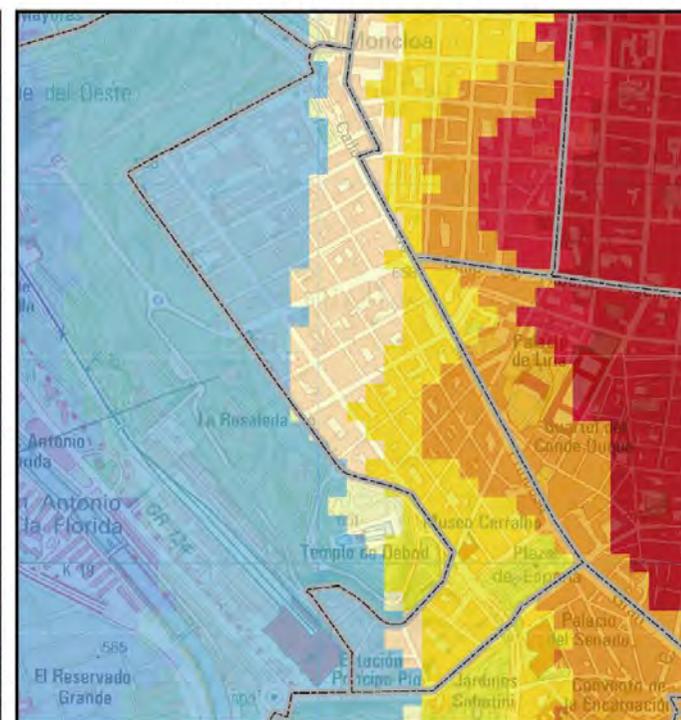


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	62,56
Infraestructuras verdes	4,04
Industria y servicios	33,4

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	34,55
Moderado	27,26
Moderado +	28,55
Fuerte	9,64

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 16. ATALAYA

USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	65,39
Infraestructuras verdes	6,57
Industria y transporte	28,04

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	0,13
Moderado	99,87



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR

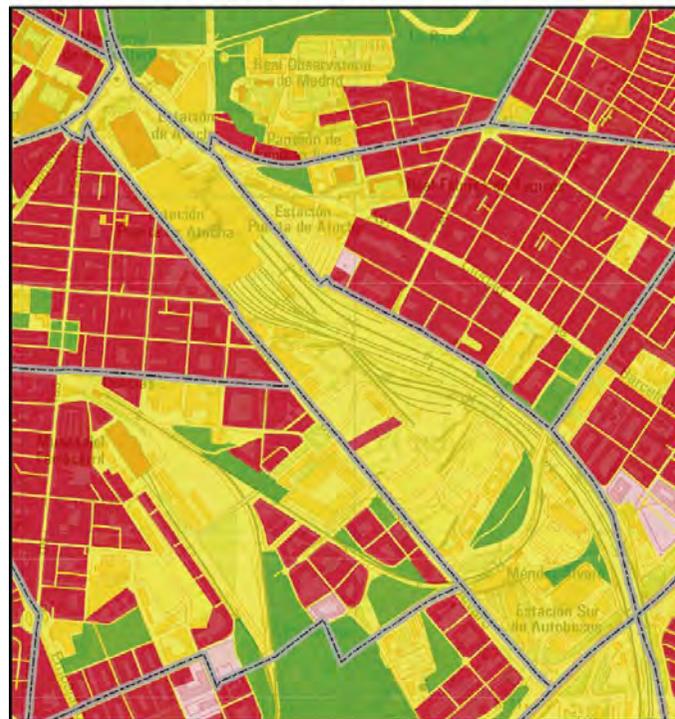


# 17. ATOCHA

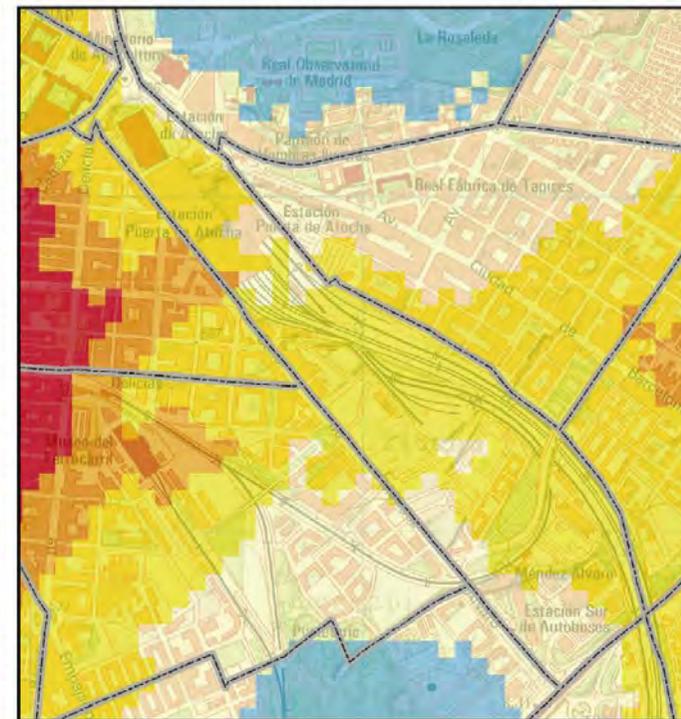


USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	1,12	Moderado	22,54
Infraestructuras verdes	4,16	Moderado +	76,93
Industria y servicios	94,72	Fuerte	0,53

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



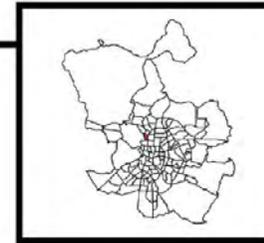
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 18. BELLAS VISTAS

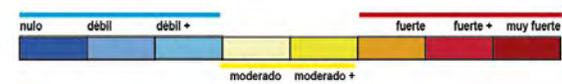
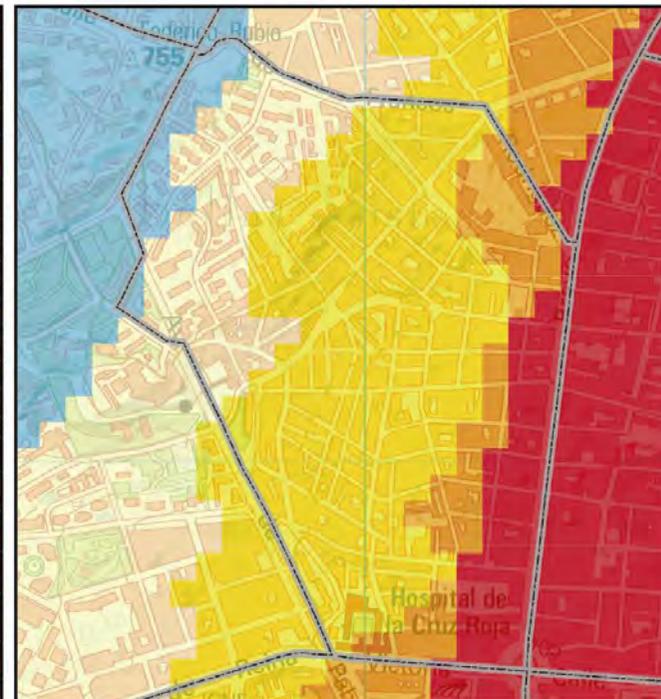
USOS DEL SUELO	% SUPERFICIE
Áreas urbanas	73,76
Infraestructuras verdes	2,25
Industria y servicios	23,24
Áreas en proceso de urbanización	0,75

ÍNDICE DE IMPACTO	% SUPERFICIE
Débil +	5,09
Moderado	18,57
Moderado +	51,74
Fuerte	11,68
Fuerte +	12,92



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 19. BERRUGUETE

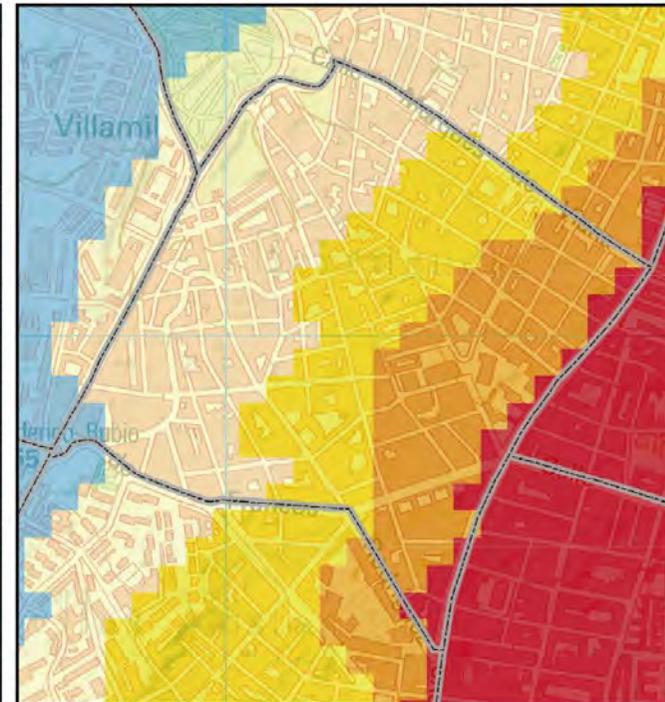
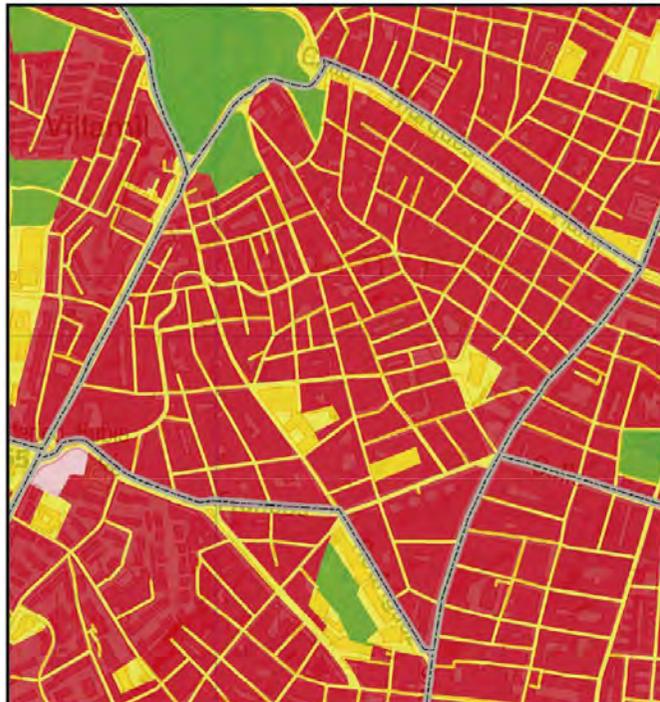


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	75,11
Infraestructuras verdes	2,20
Industria y servicios	22,69

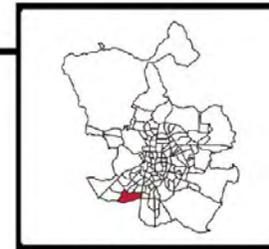
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	0,84
Moderado	41,71
Moderado +	25,90
Fuerte	26,64
Fuerte +	4,91

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



## 20. BUENAVISTA

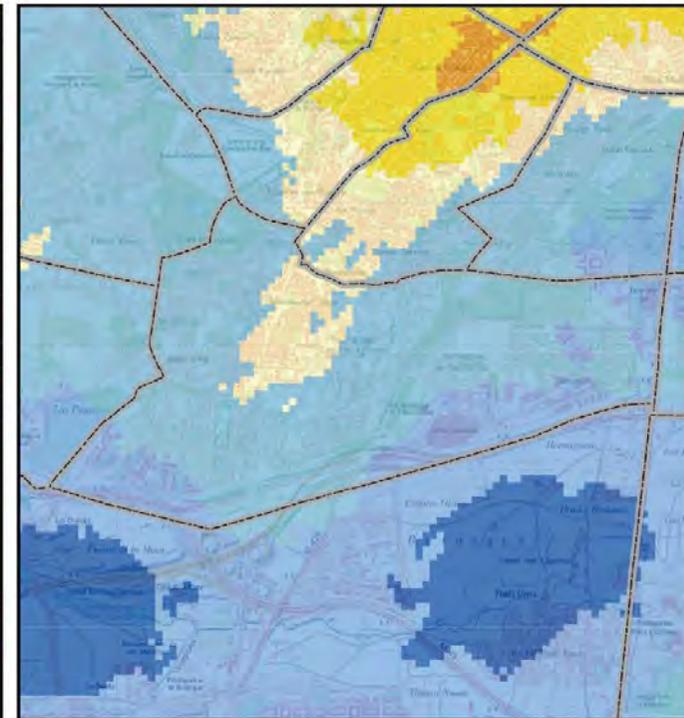
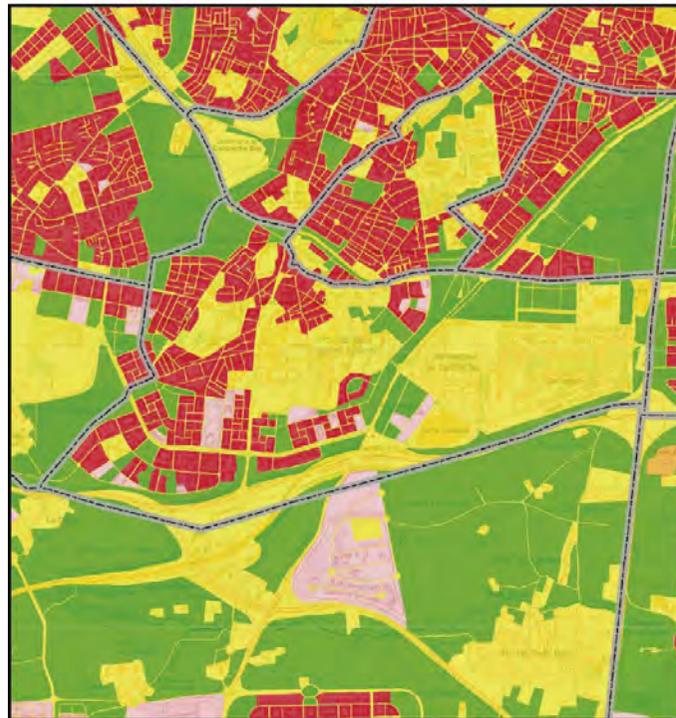


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	21,51
Infraestructuras verdes	23,08
Industria y servicios	51,69
Áreas en proceso de urbanización	3,72

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	22,66
Débil +	68,79
Moderado	8,55

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



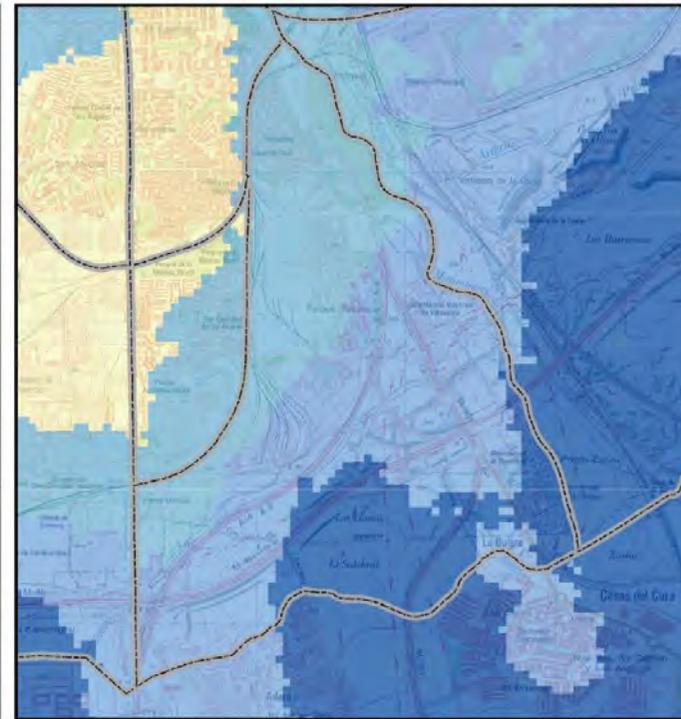
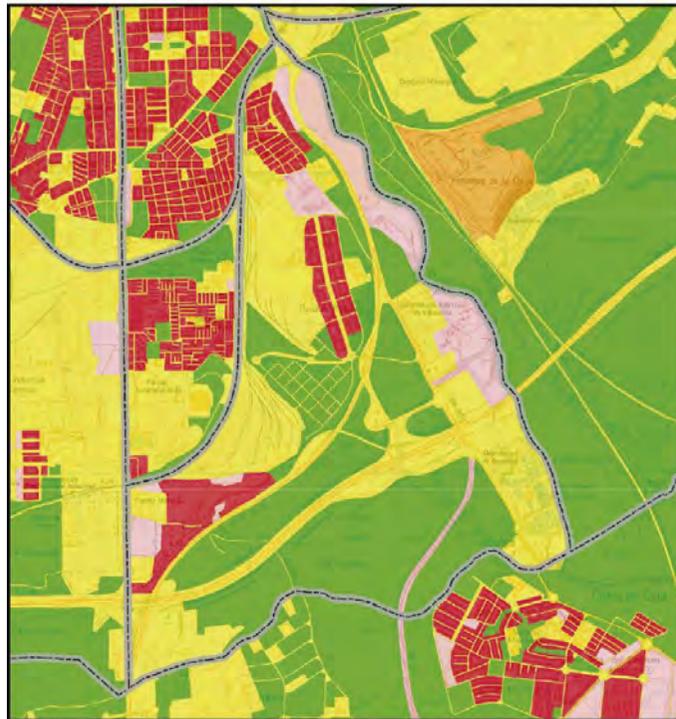
# 21. BUTARQUE



USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	8,36	Nulo	20,79
Infraestructuras verdes	39,53	Débil	47,91
Industria y servicios	41,69	Débil +	31,28
Áreas en proceso de urbanización	10,42	Moderado	0,02

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



250 M.



## 22. CAMPAMENTO

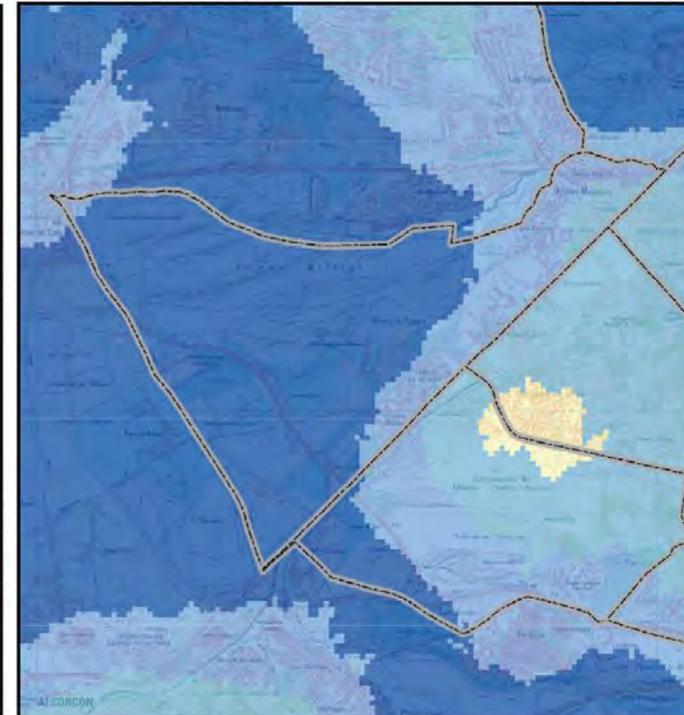


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	6,43
Infraestructuras verdes	82,13
Industria y servicios	11,33
Actividad extractiva	0,11

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	76,73
Débil	19,12
Débil +	4,15

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



375 M.



# 23. CANILLAS



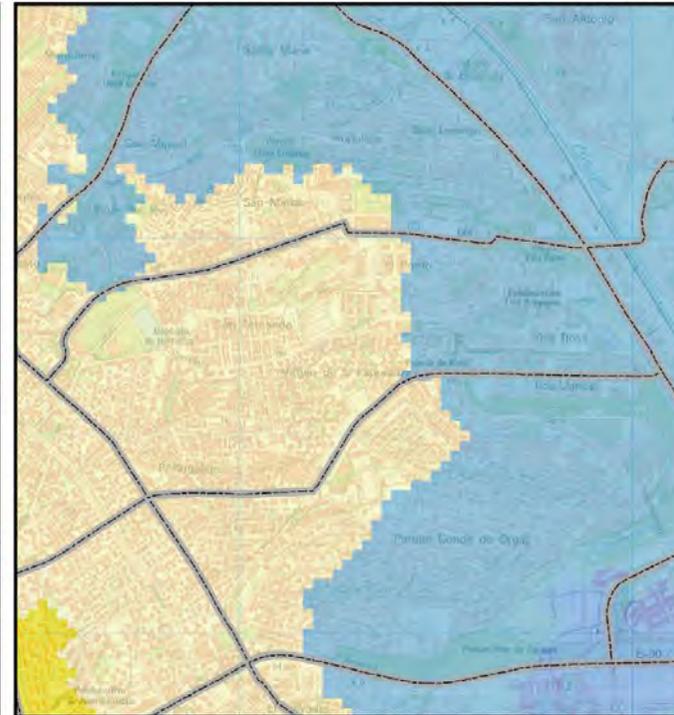
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	53,67
Infraestructuras verdes	18,09
Industria y servicios	27,04
Áreas en proceso de urbanización	1,20

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	29,88
Moderado	70,12

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



200 M.



# 24. CANILLEJAS

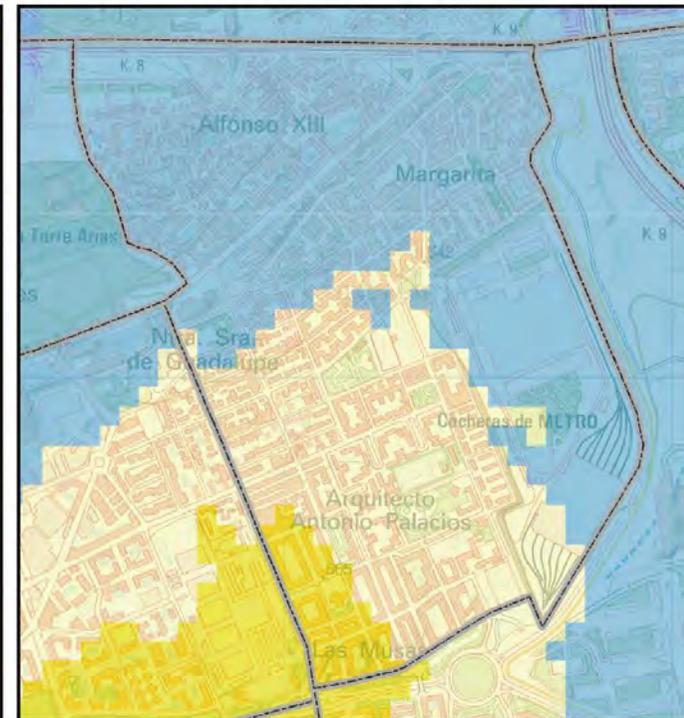


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	52,14
Infraestructuras verdes	7,68
Industria y servicios	39,31
Áreas en proceso de urbanización	0,87

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	60,03
Moderado	34,95
Moderado +	5,02

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



- Infraestructuras verdes
- Áreas urbanas
- Áreas en proceso de urbanización
- Industrial y vías de comunicación
- Aeropuertos
- Otras
- Permeable
- Impermeable (clasificación de superficies)



# 25. CASA DE CAMPO



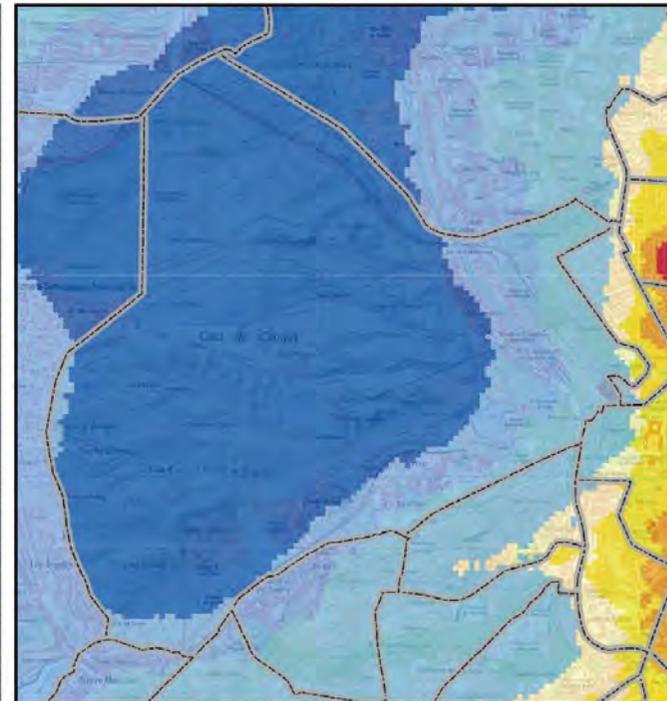
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	2,03
Infraestructuras verdes	88,77
Industria y servicios	8,40
Áreas en proceso de urbanización	0,80

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	76,90
Débil	15,01
Débil +	7,74
Moderado	0,14
Moderado +	0,21

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



350 M.



## 26. CASCO HISTÓRICO DE BARAJAS

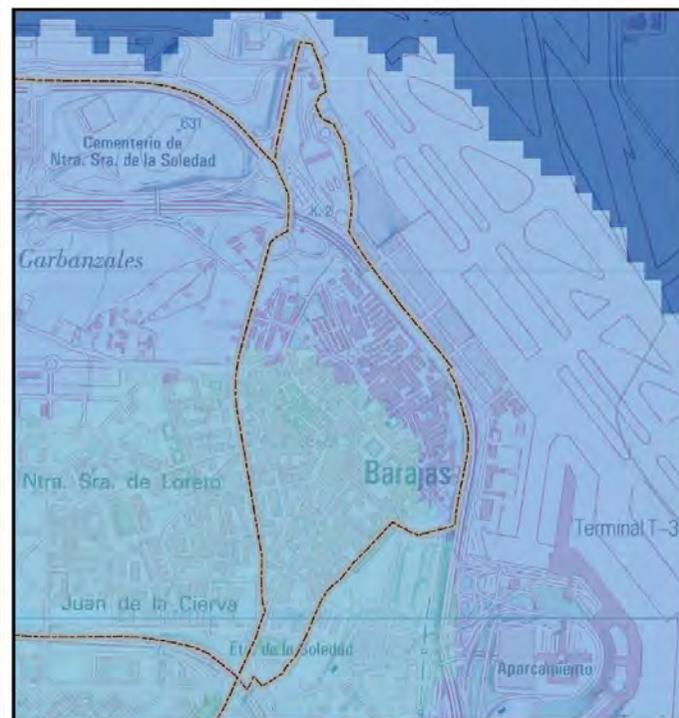
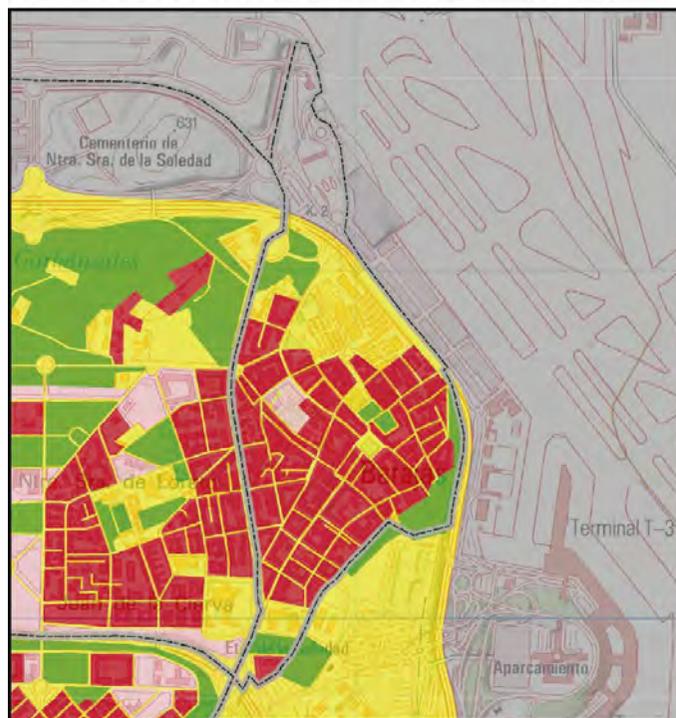


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	45,43
Infraestructuras verdes	16,54
Industria y servicios	36,29
Áreas en proceso de urbanización	1,74

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	50,37
Débil +	49,63

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.

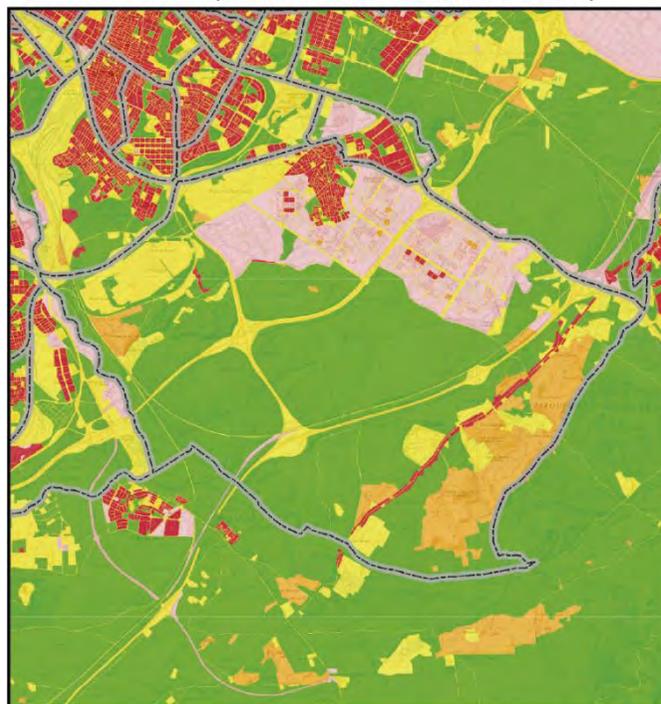


## 27. CASCO HISTÓRICO DE VALLECAS

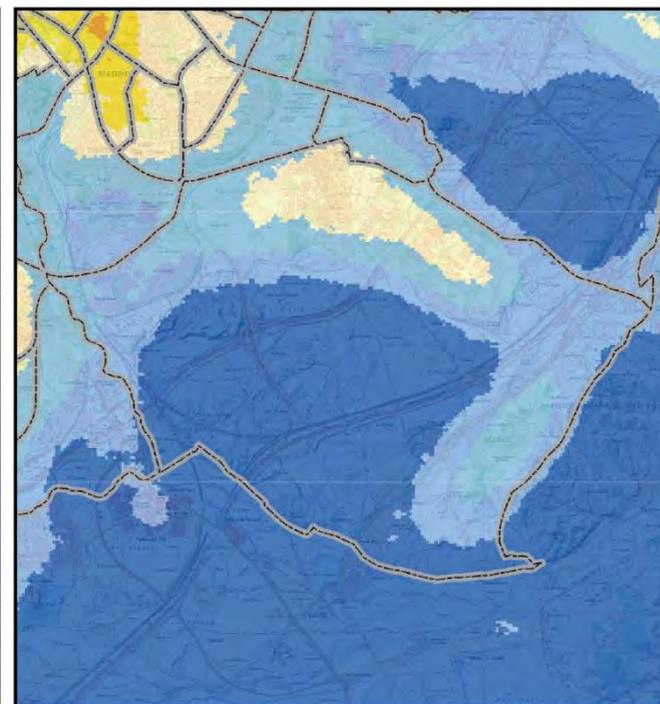


USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	2,69	Nulo	46,58
Infraestructuras verdes	53,65	Débil	26,82
Industria y servicios	19,28	Débil +	17,50
Áreas en proceso de urbanización	14,33	Moderado	9,10
Actividad extractiva	10,05		

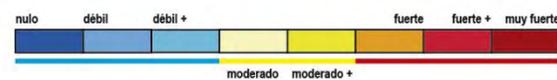
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



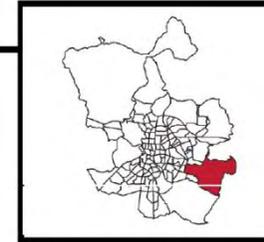
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



750 M.

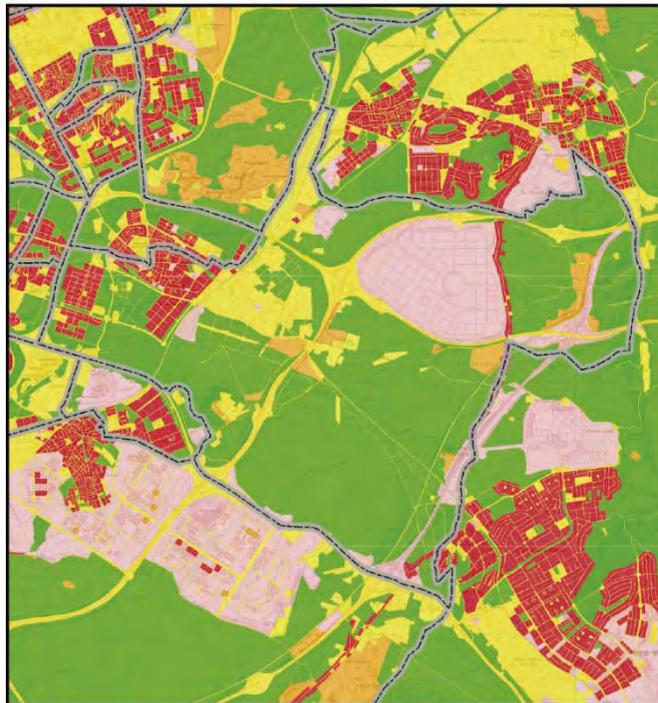


## 28. CASCO HISTÓRICO DE VICÁLVARO

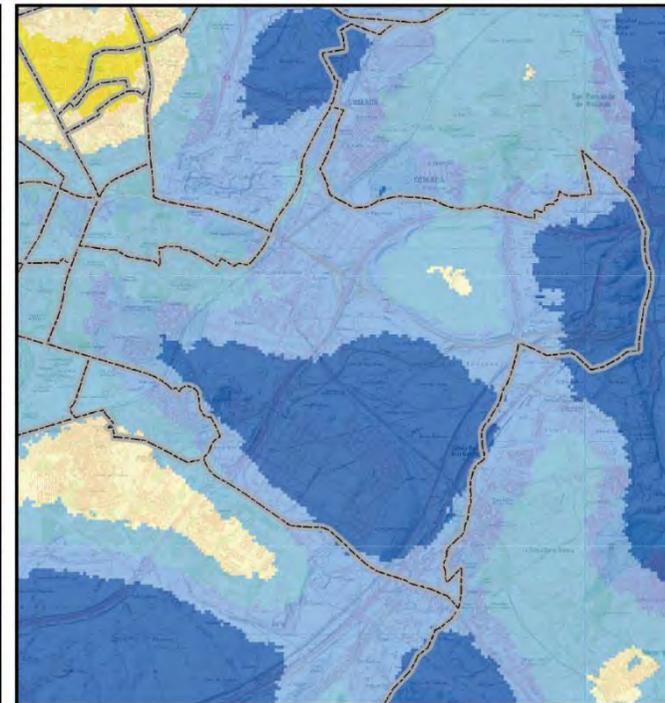


USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	4,69	Nulo	44,50
Infraestructuras verdes	60,19	Débil	38,85
Industria y servicios	16,99	Débil +	16,24
Áreas en proceso de urbanización	15,14	Moderado	0,41
Actividad extractiva	2,99		

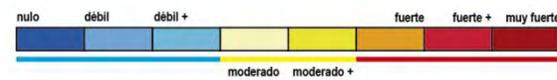
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



625 M.



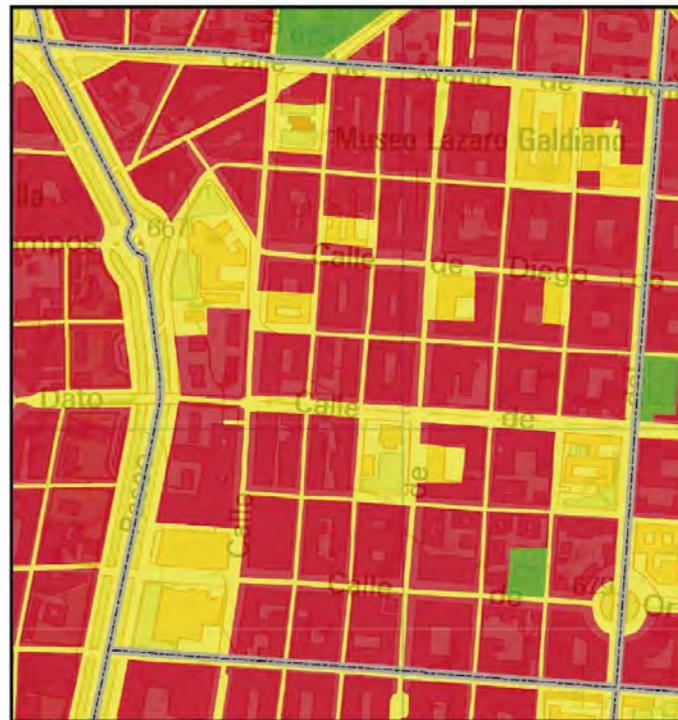
# 29. CASTELLANA



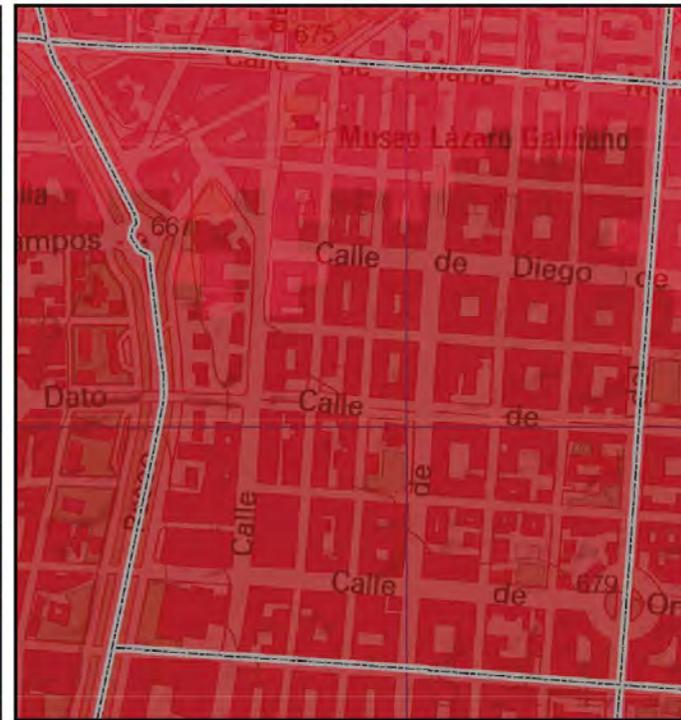
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	63,89
Infraestructuras verdes	0,58
Industria y servicios	35,53

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Fuerte +	25,31
Muy fuerte	74,69

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 30. CASTILLA

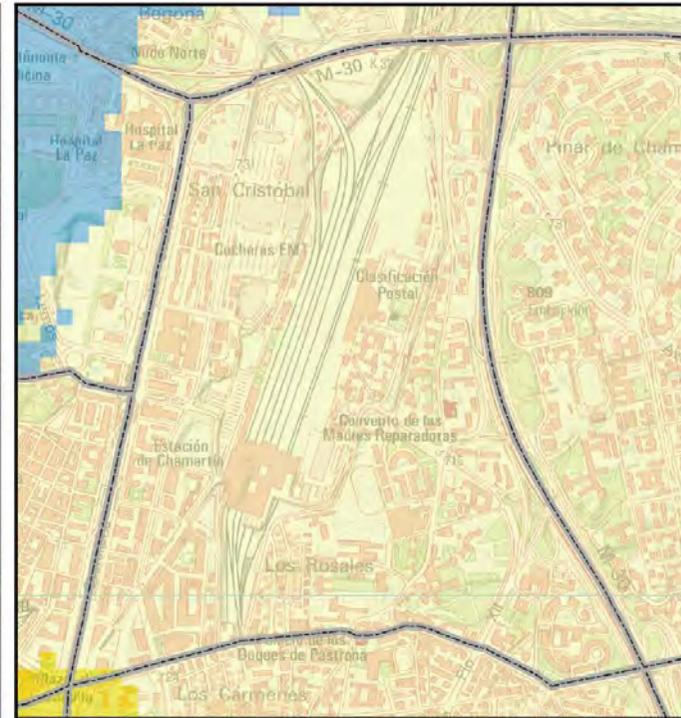
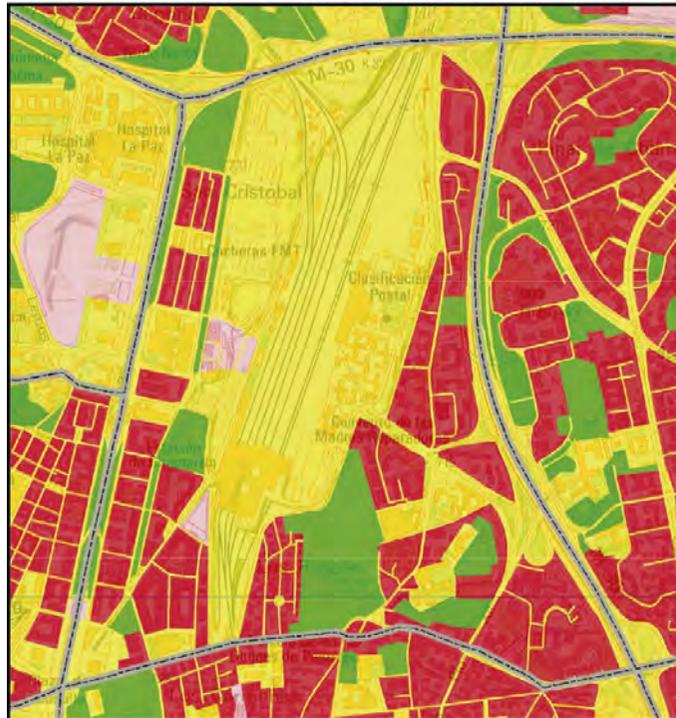


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	27,96
Infraestructuras verdes	10,94
Industria y servicios	59,80
Áreas en proceso de urbanización	1,30

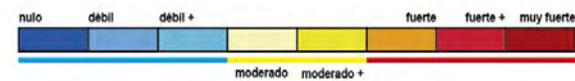
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	99,80
Moderado +	0,20

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



# 31. CASTILLEJOS

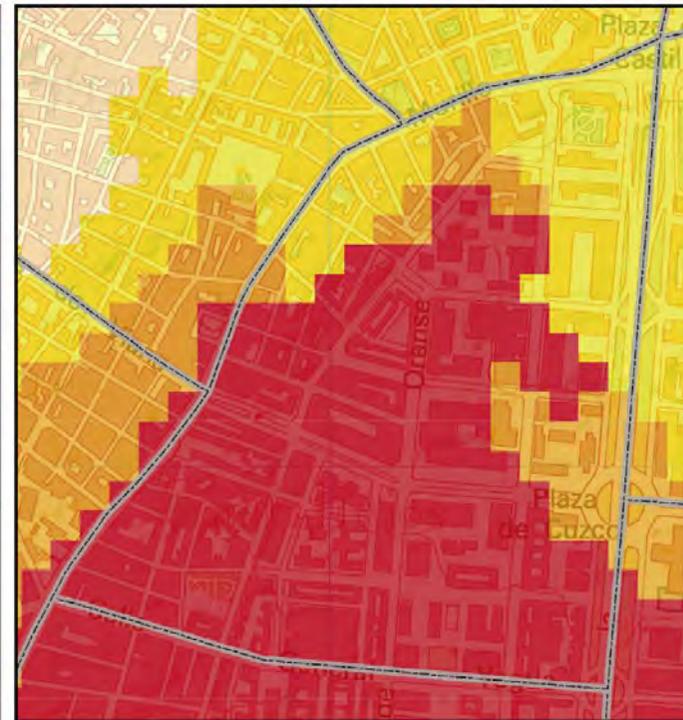
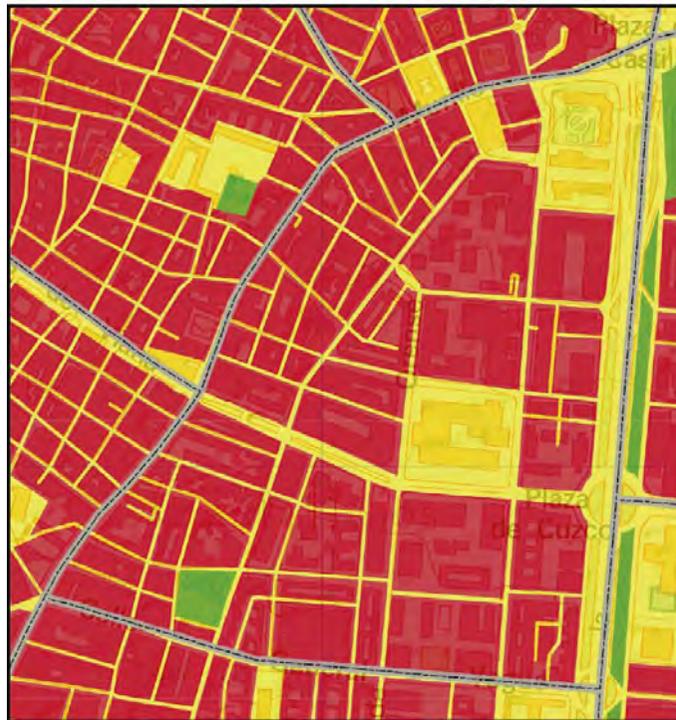


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	69,29
Infraestructuras verdes	0,70
Industria y servicios	30,01

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado +	20,89
Fuerte	10,53
Fuerte +	68,58

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 32. CIUDAD JARDÍN



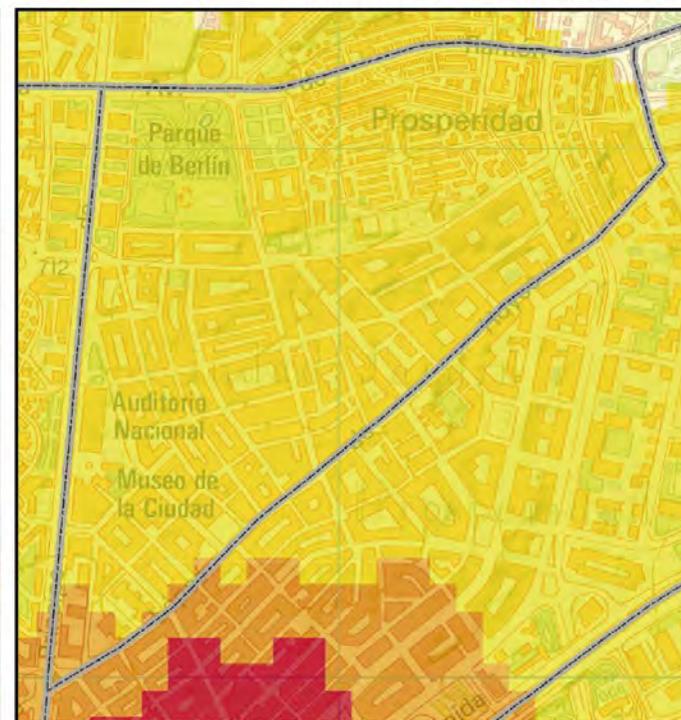
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	63,38
Infraestructuras verdes	12,59
Industria y servicios	24,03

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	0,53
Moderado +	97,00
Fuerte	2,47

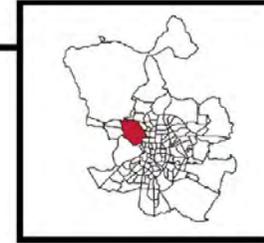
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR

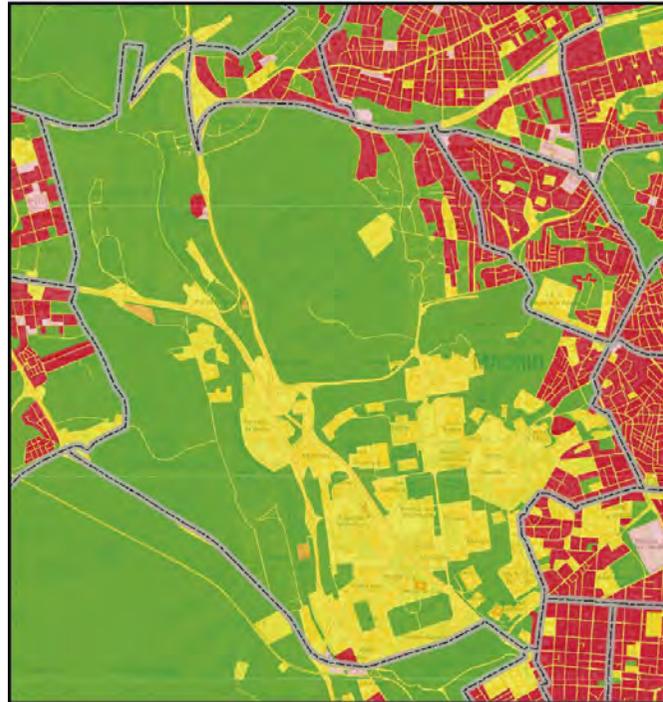


# 33. CIUDAD UNIVERSITARIA

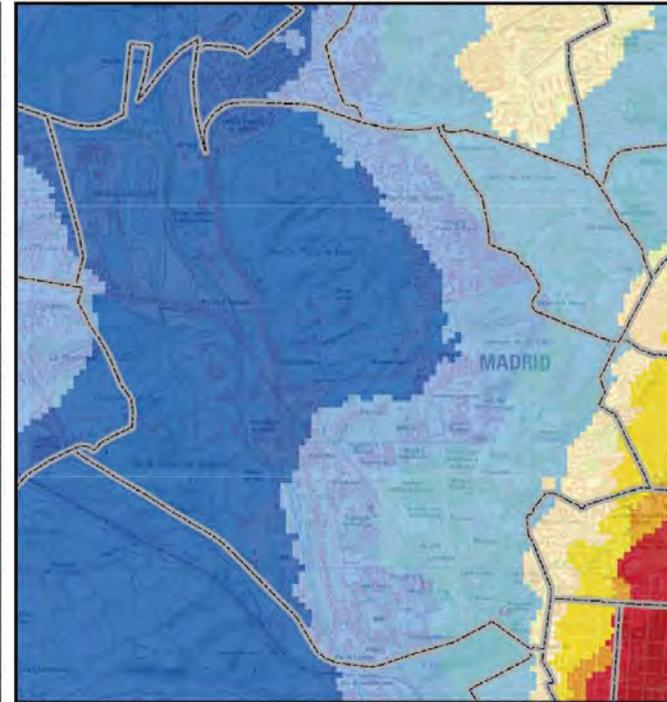


USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	5,62	Nulo	54,50
Infraestructuras verdes	64,28	Débil	25,41
Industria y servicios	29,81	Débil +	16,99
Áreas en proceso de urbanización	0,07	Moderado	2,59
Actividad extractiva	0,22	Moderado +	0,51

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 34. COLINA

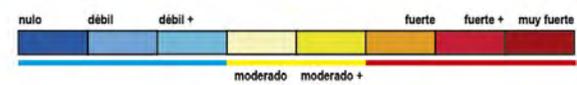
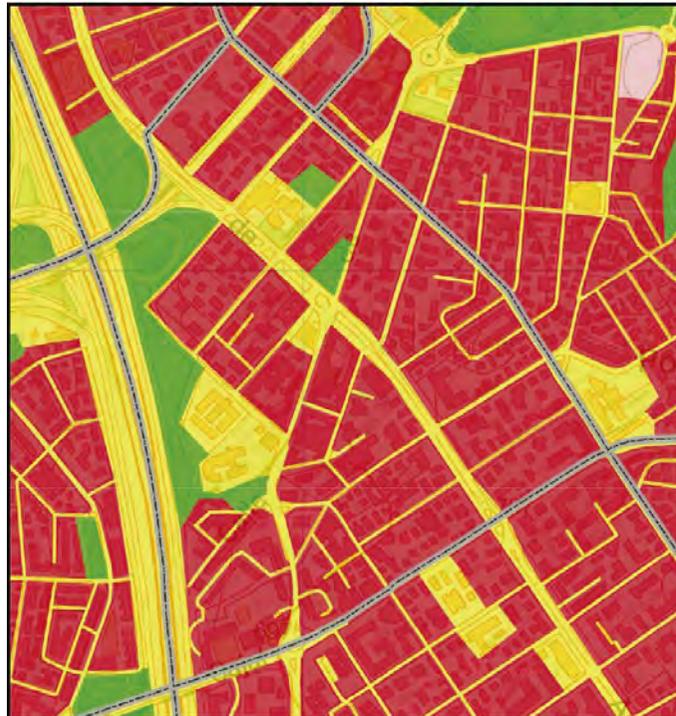


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	63,51
Infraestructuras verdes	8,54
Industria y servicios	27,95

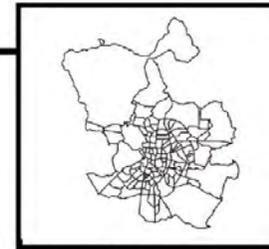
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	100,00

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 35. COMILLAS

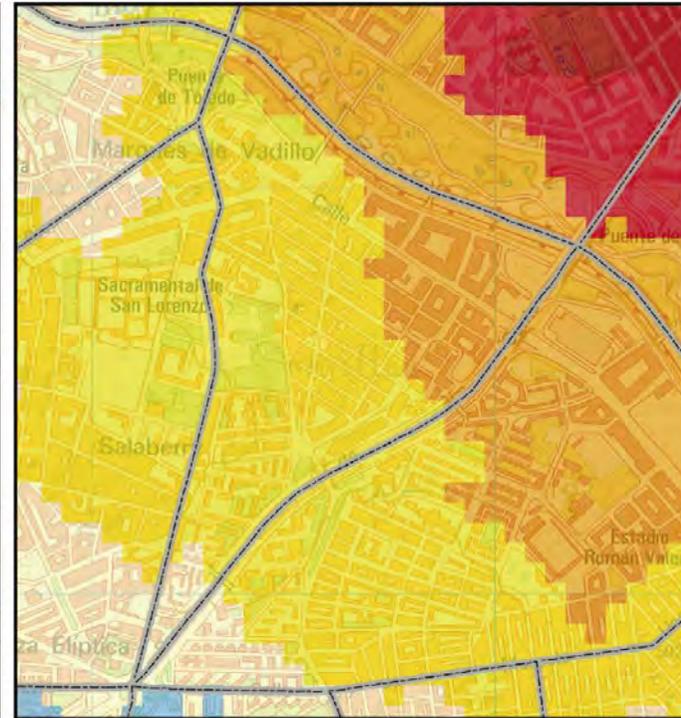


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	58,35
Infraestructuras verdes	10,80
Industria y servicios	19,44
Áreas en proceso de urbanización	11,41

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	3,74
Moderado +	65,64
Fuerte	30,62

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

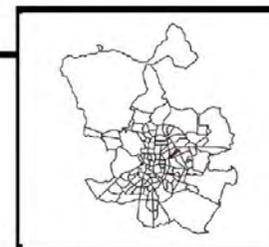
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 36. CONCEPCIÓN

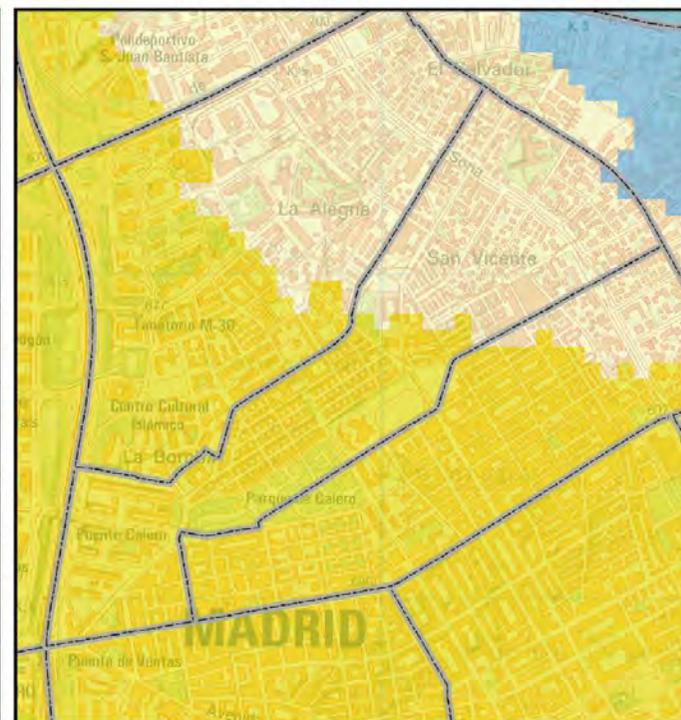


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	61,66
Infraestructuras verdes	11,97
Industria y servicios	23,07
Áreas en proceso de urbanización	3,30

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	0,29
Moderado	45,47
Moderado +	54,24

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 37. CORRALEJOS

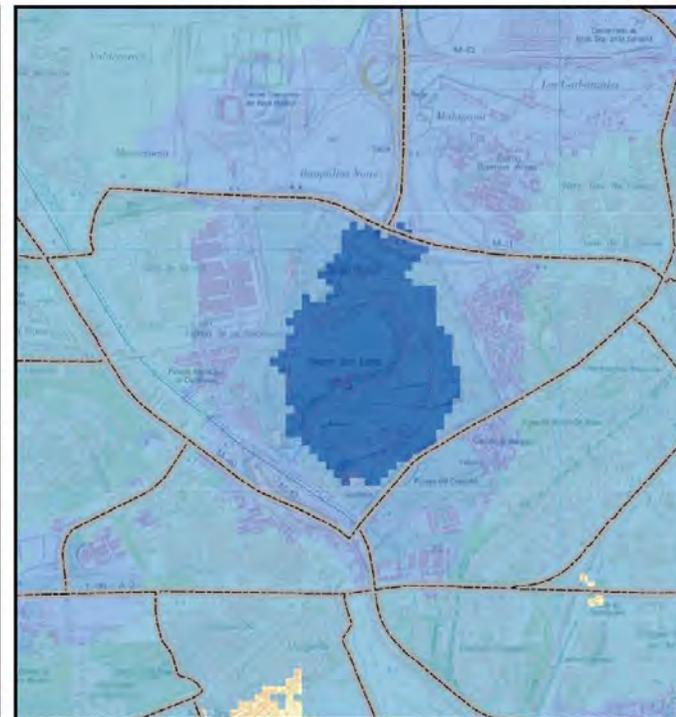


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	11,90
Infraestructuras verdes	55,47
Industria y servicios	31,29
Áreas en proceso de urbanización	1,34

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	27,57
Débil	42,39
Débil +	30,04

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



250 M.



# 38. CORTES

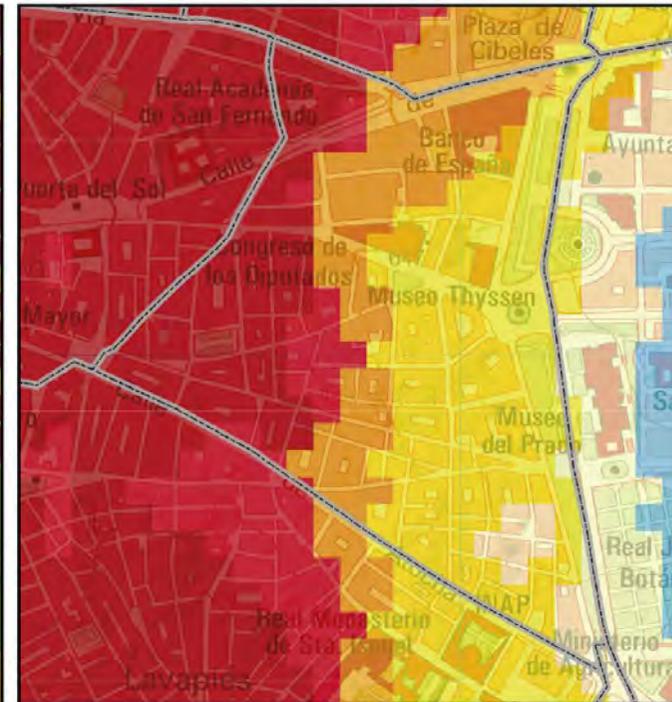


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	51,00
Infraestructuras verdes	8,83
Industria y servicios	40,17

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	4,90
Moderado +	43,86
Fuerte	21,54
Fuerte +	5,66
Muy fuerte	24,04

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



■ Infraestructuras verdes    
 ■ Áreas urbanas    
 ■ Áreas en proceso de urbanización  
■ Industrial y vías de comunicación    
 ■ Aeropuertos    
 ■ Otras  
 Permeable    
 Impermeable (clasificación de superficies)

nulo    débil    débil +    fuerte    fuerte +    muy fuerte  
  
 moderado    moderado +

# 39. COSTILLARES

USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	60,65
Infraestructuras verdes	13,03
Industria y servicios	26,20
Áreas en proceso de urbanización	0,12

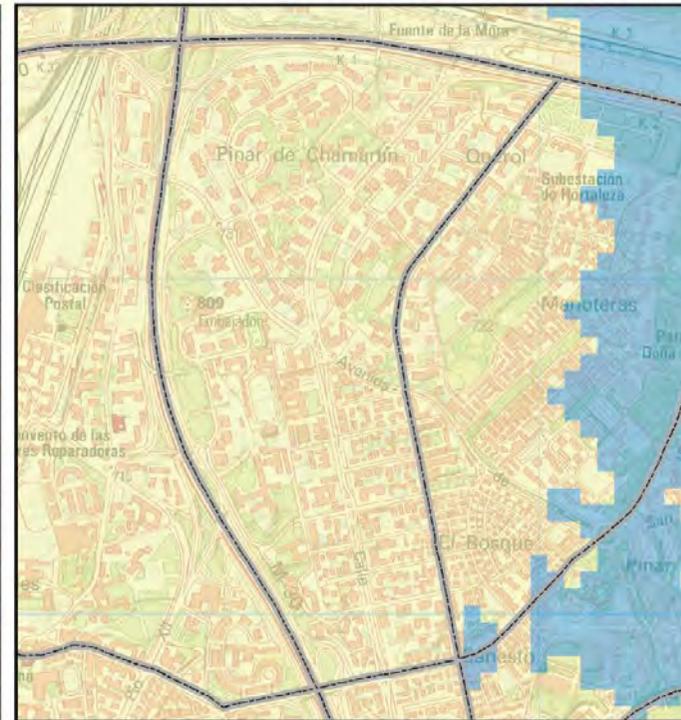
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	100



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 40. CUATRO CAMINOS

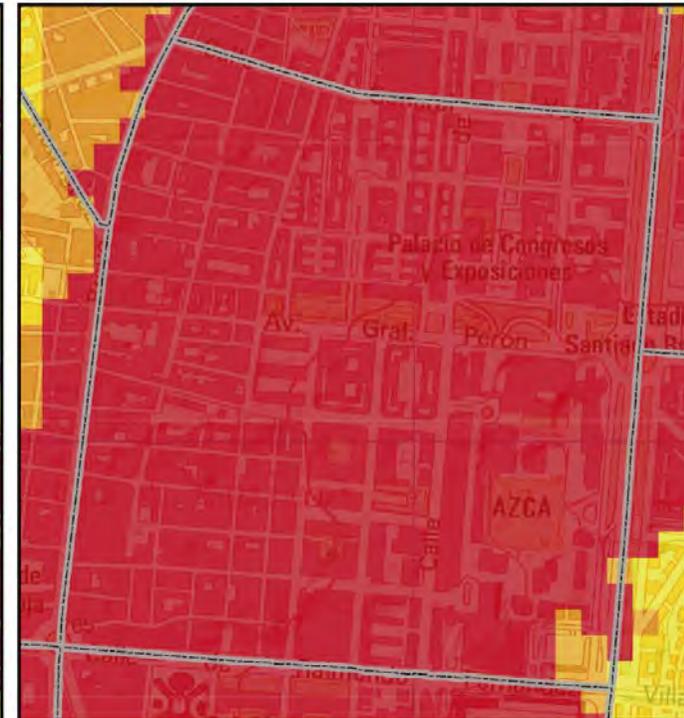
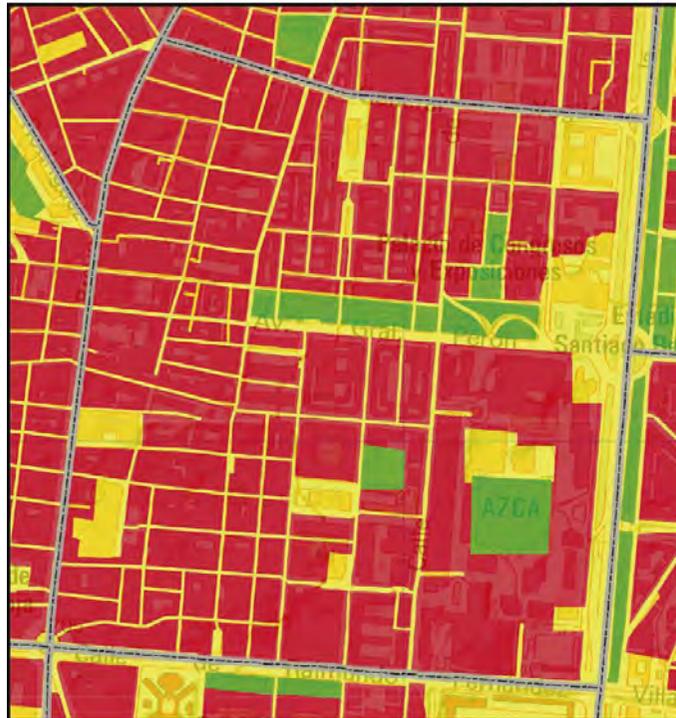


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	69,62
Infraestructuras verdes	5,37
Industria y servicios	25,01

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado +	0,05
Fuerte	1,04
Fuerte +	98,91

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



75 M.



# 41. CUATRO VIENTOS

USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	4,41
Infraestructuras verdes	33,88
Industria y servicios	59,03
Áreas en proceso de urbanización	2,67

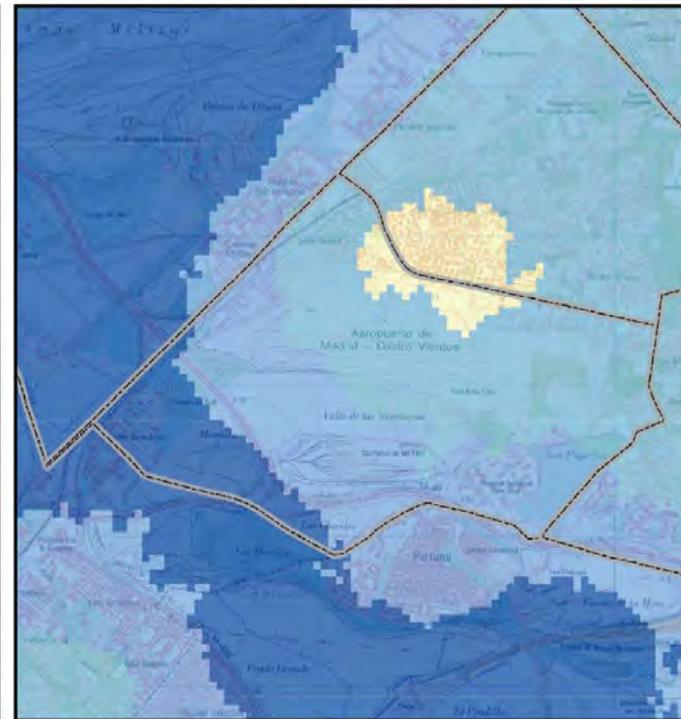
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	14,01
Débil	37,51
Débil +	43,74
Moderado	4,74



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



250 M.



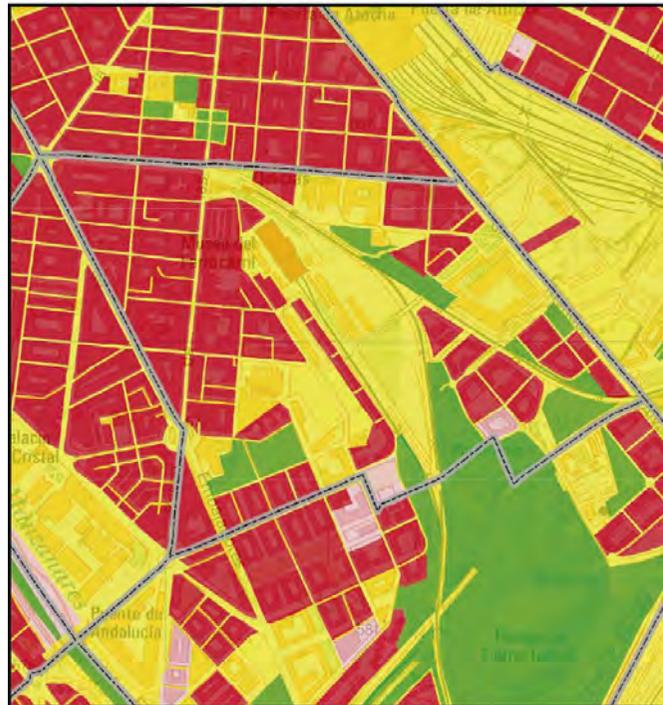
# 42. DELICIAS



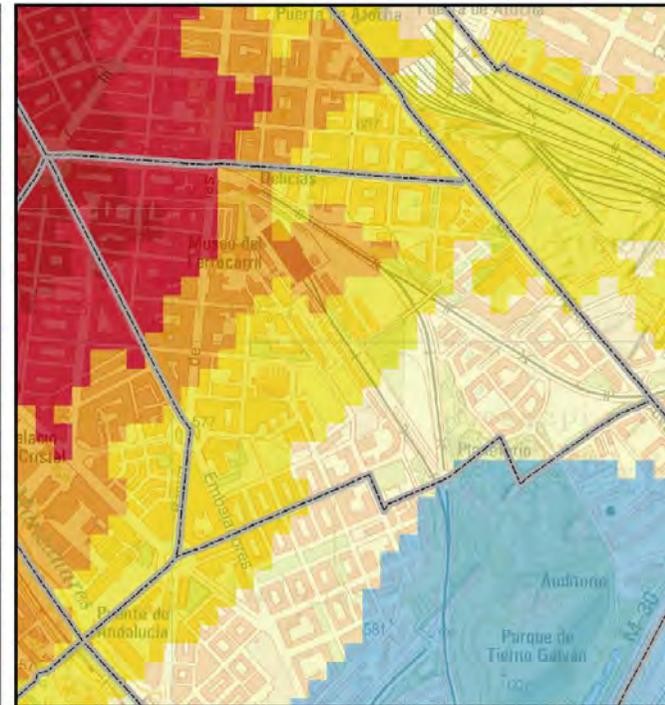
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	41,92
Infraestructuras verdes	10,67
Industria y servicios	45,91
Áreas en proceso de urbanización	1,50

ÍNDICE DE IMPACTOS	Superficie (%)
Débil +	0,34
Moderado	31,09
Moderado +	39,19
Fuerte	16,08
Fuerte +	8,60
Muy fuerte	4,70

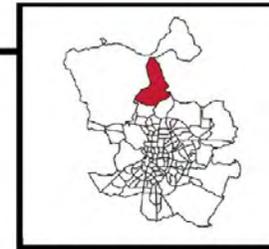
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 43. EL GOLOSO

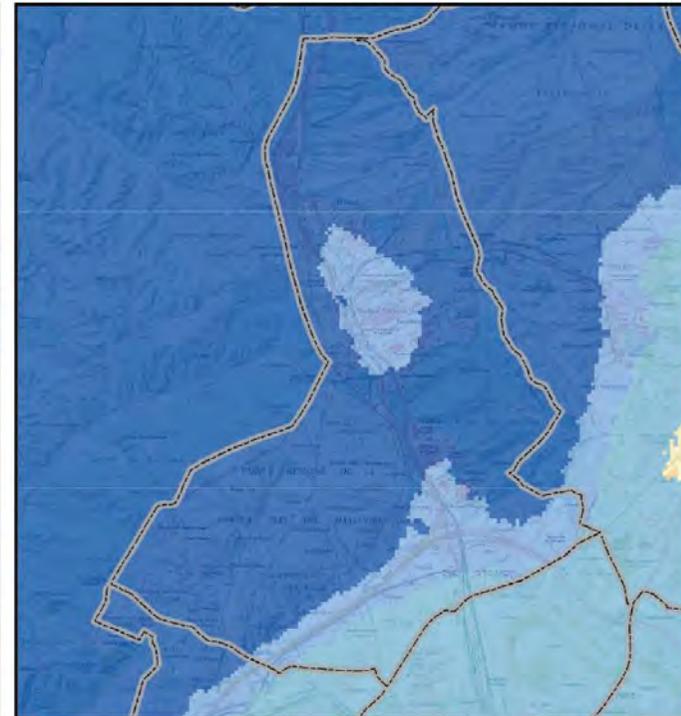


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	3,33
Infraestructuras verdes	73,37
Industria y servicios	18,06
Áreas en proceso de urbanización	3,57
Actividades extractivas	1,67

ÍNDICE DE IMPACTO Superficie (%)	
Nulo	75,50
Débil	18,80
Débil +	5,70

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

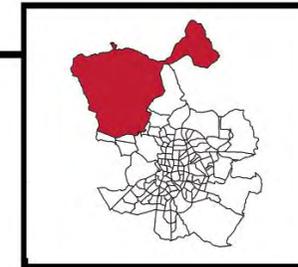
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



500 M.



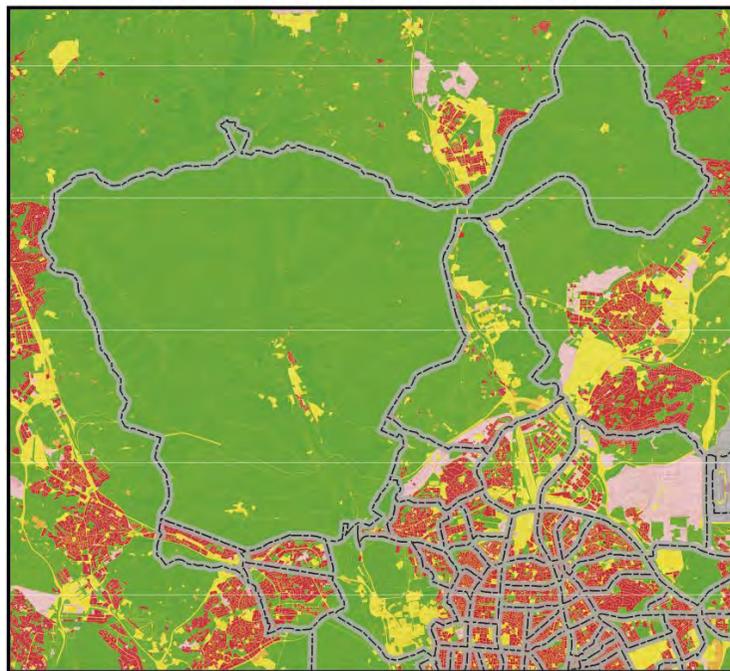
# 44. EL PARDO



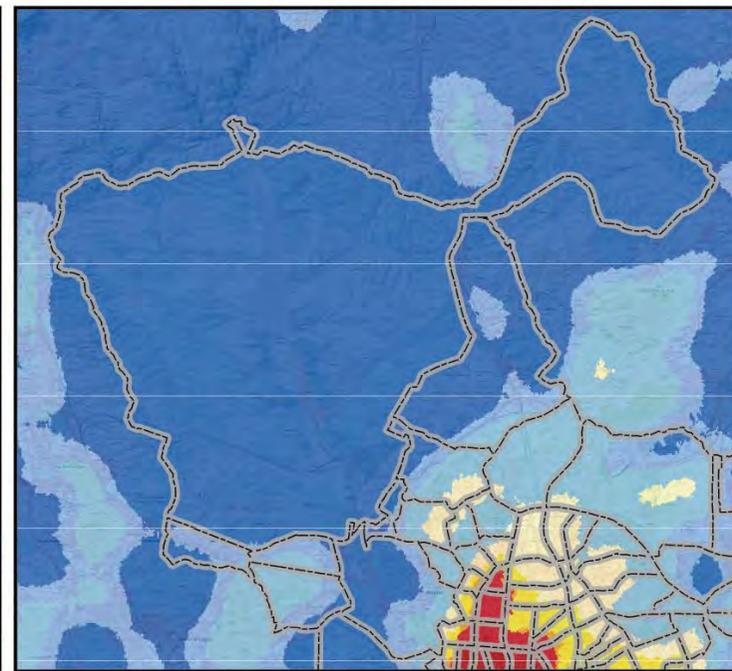
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	0,10
Infraestructuras verdes	98,25
Industria y servicios	1,59
Actividades extractivas	0,06

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	99,83
Débil	0,17

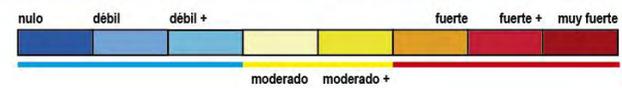
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



1.5 Km.



# 45. EL PILAR

USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	50,82
Infraestructuras verdes	23,53
Industria y servicios	25,14
Áreas en proceso de urbanización	0,51

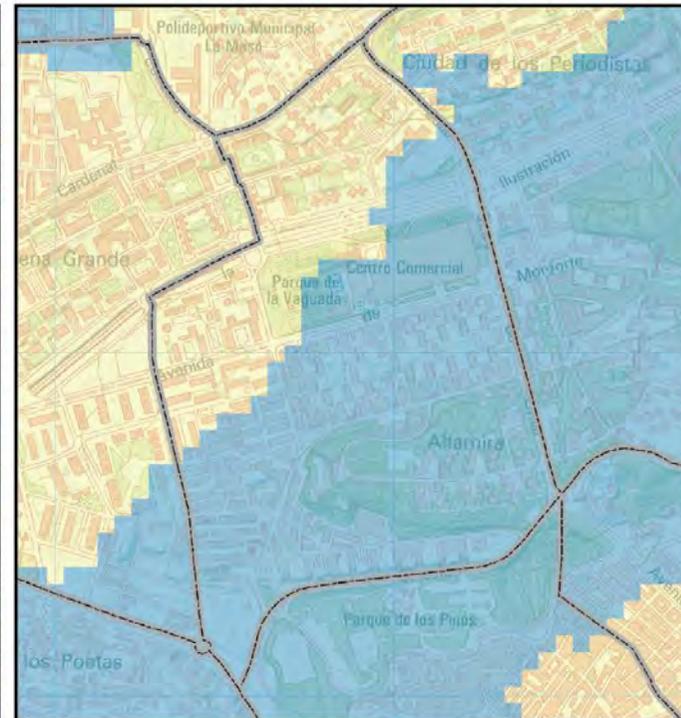
ÍNDICE DE IMPACTO Superficie (%)	
Débil +	69,03
Moderado	30,97



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 46. EL PLANTIO

USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	36,54
Infraestructuras verdes	39,62
Industria y servicios	23,17
Áreas en proceso de urbanización	0,53
Actividades extractivas	0,14

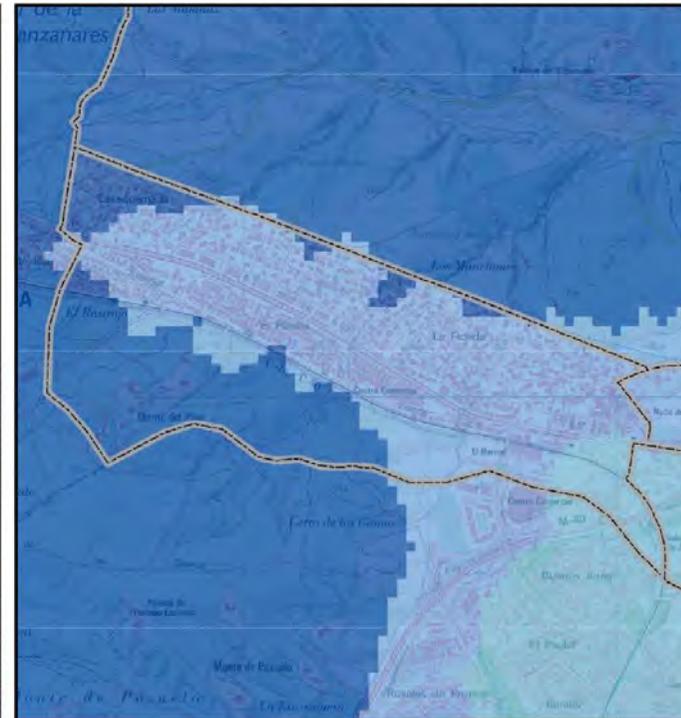
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	33,68
Débil	60,62
Débil +	5,70



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 47. EL SALVADOR

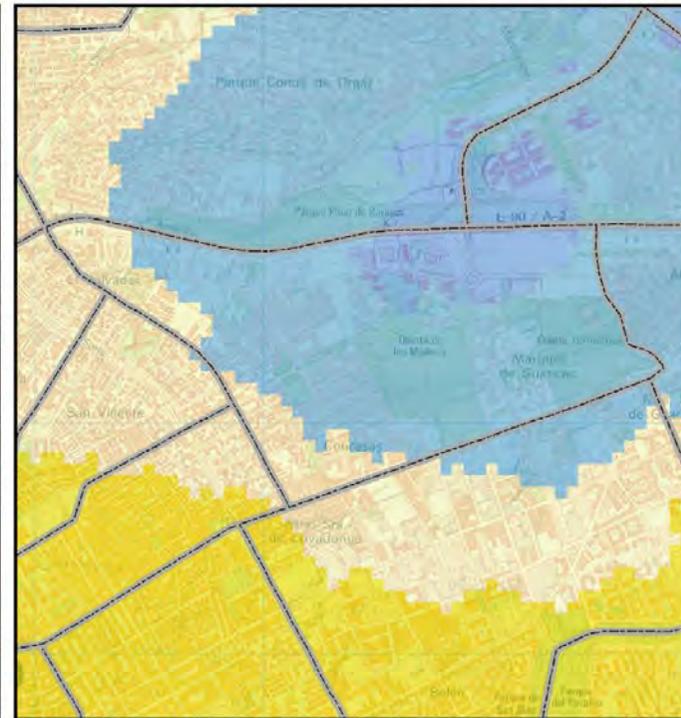


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	30,00
Infraestructuras verdes	39,97
Industria y servicios	28,91
Áreas en proceso de urbanización	1,12

ÍNDICE DE IMPACTO Superficie (%)	
Débil	13,65
Débil +	69,54
Moderado	16,81

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



175 M.



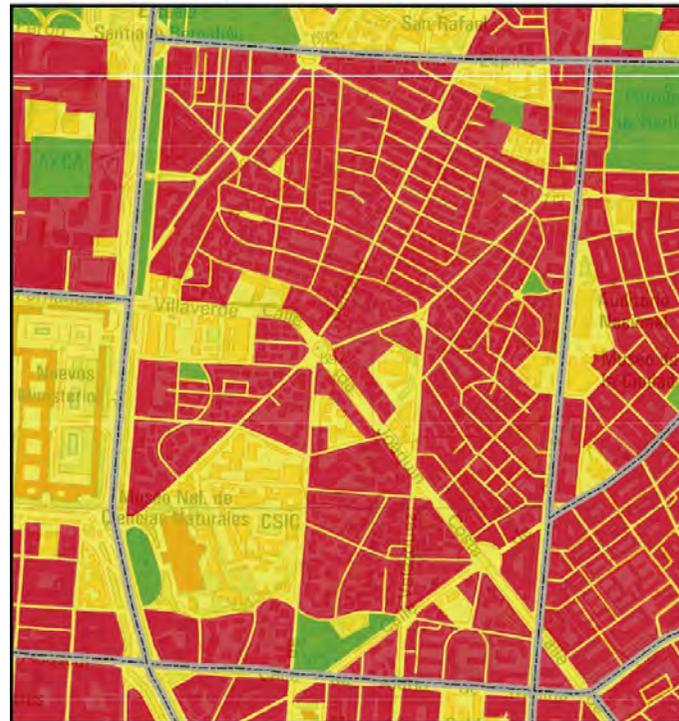
# 48. EL VISO



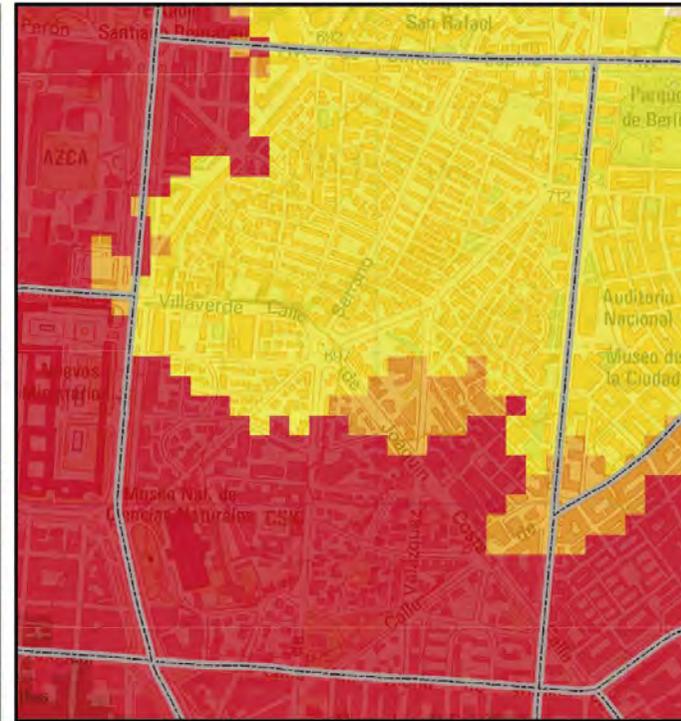
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	62,76
Infraestructuras verdes	3,27
Industria y servicios	33,97

ÍNDICE DE IMPACTO Superficie (%)	
Moderado +	50,44
Fuerte	5,71
Fuerte +	43,85

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



100 M.



# 49. EMBAJADORES



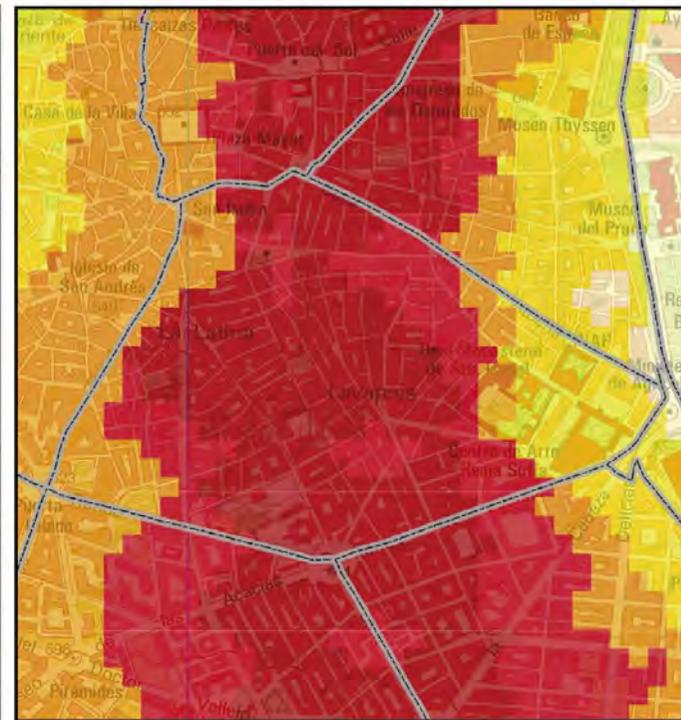
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	62,42
Infraestructuras verdes	4,60
Industria y servicios	32,98

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	0,38
Moderado +	11,77
Fuerte	14,03
Fuerte +	22,58
Muy fuerte	51,24

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 50. ENTREVÍAS

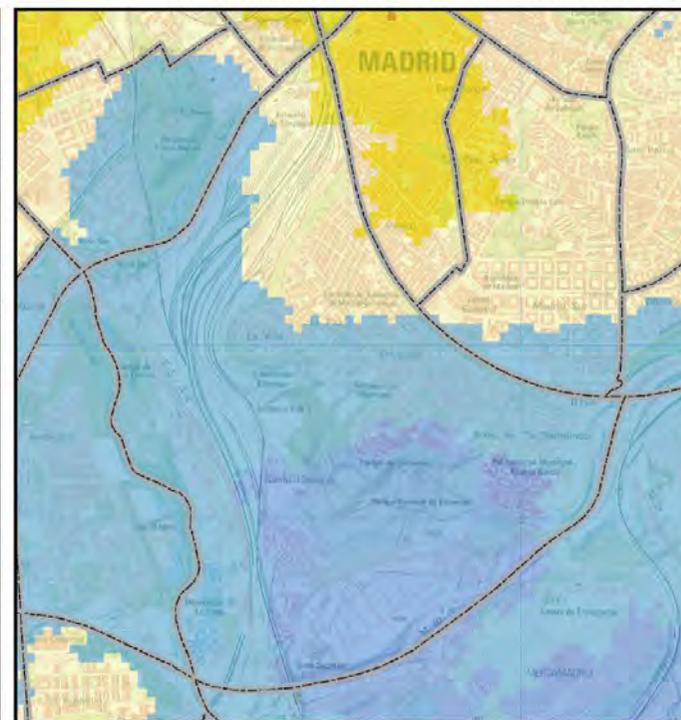
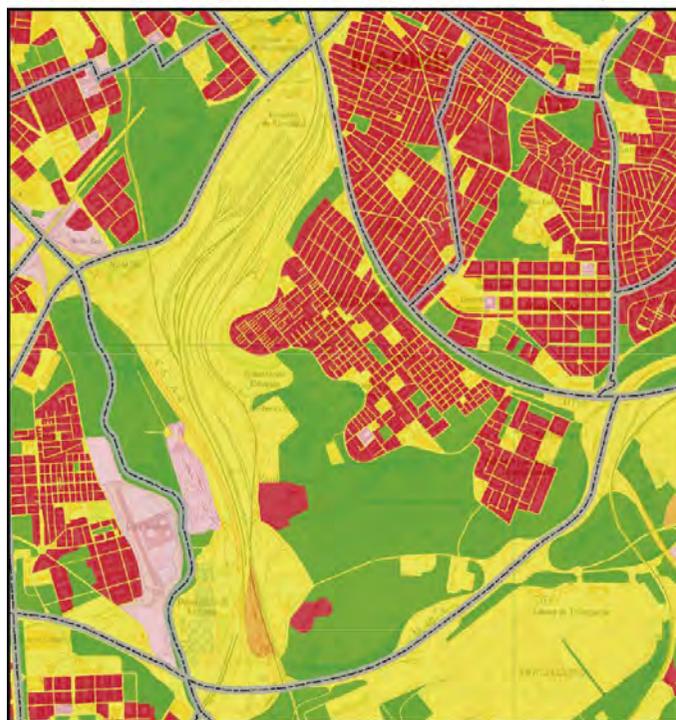
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	15,72
Infraestructuras verdes	32,26
Industria y servicios	49,41
Áreas en proceso de urbanización	2,51
Actividades extractivas	0,10

ÍNDICE DE IMPACTOSuperficie (%)	Superficie (%)
Débil	30,79
Débil +	53,79
Moderado	14,47
Moderado +	0,95



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



225 M.



# 51. ESTRELLA

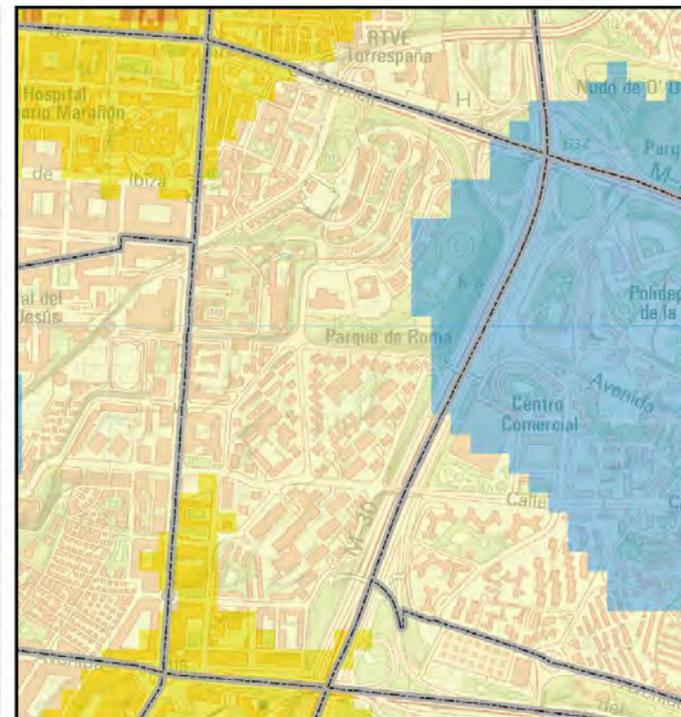
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	44,54
Infraestructuras verdes	15,36
Industria y servicios	39,39
Áreas en proceso de urbanización	0,71

ÍNDICE DE IMPACTO Superficie (%)	
Débil +	11,74
Moderado	73,65
Moderado +	14,61



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 52. FONTARRÓN

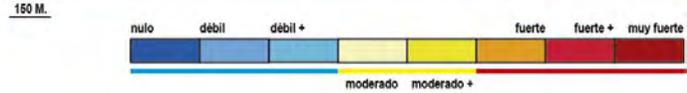
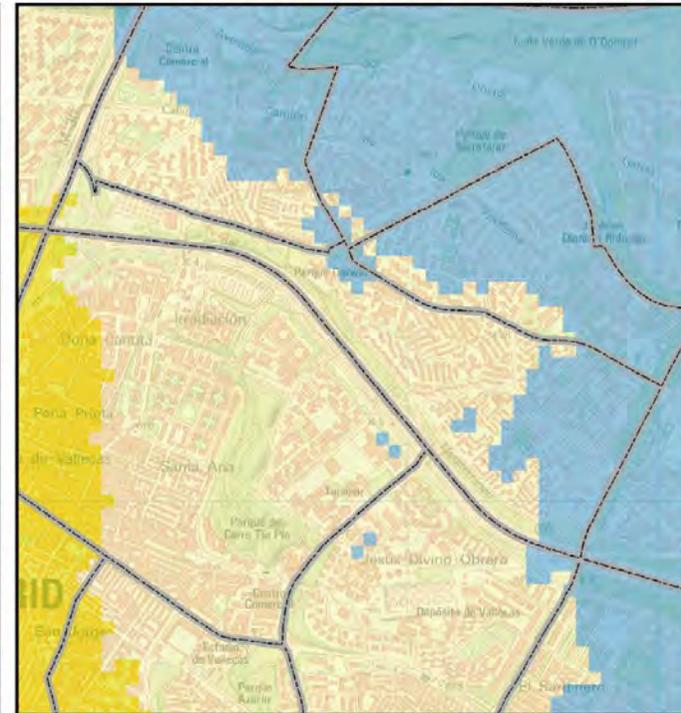


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	49,49
Infraestructuras verdes	11,84
Industria y servicios	38,67

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	35,26
Moderado	64,26
Moderado +	0,48

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 53. FUENTE DEL BERRO

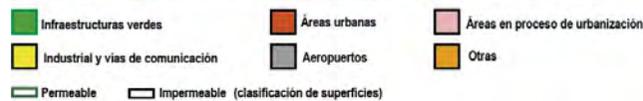
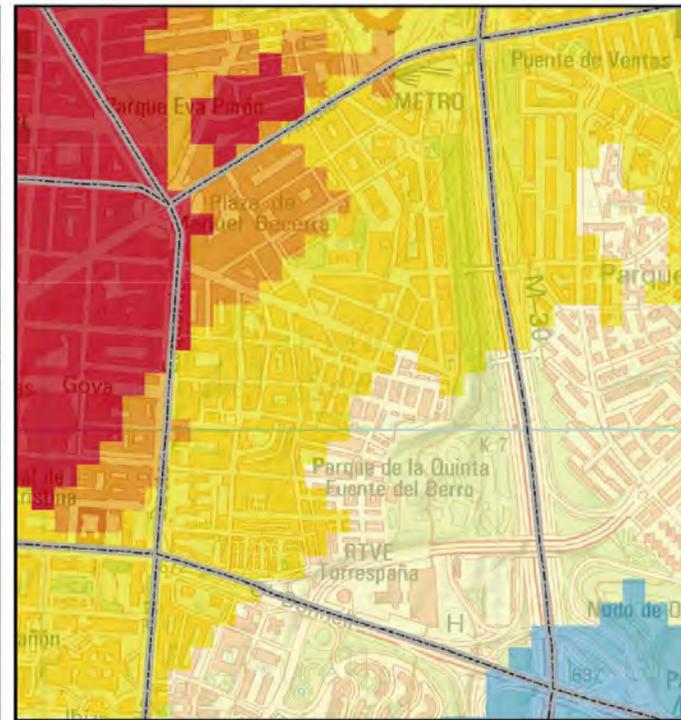


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	50,51
Infraestructuras verdes	13,31
Industria y servicios	34,00
Áreas en proceso de urbanización	2,18

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	0,84
Moderado	32,12
Moderado +	55,17
Fuerte	10,14
Fuerte +	1,73

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



75 M.



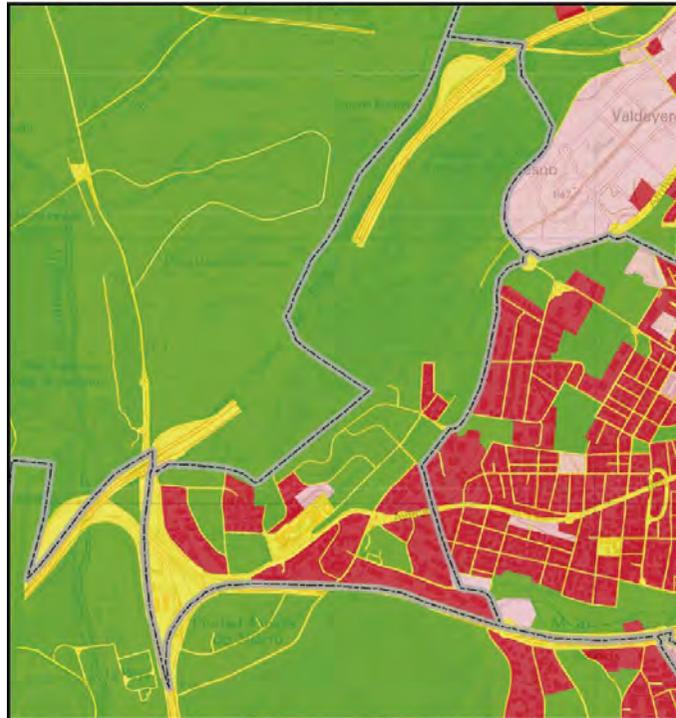
# 54. FUENTELARREINA



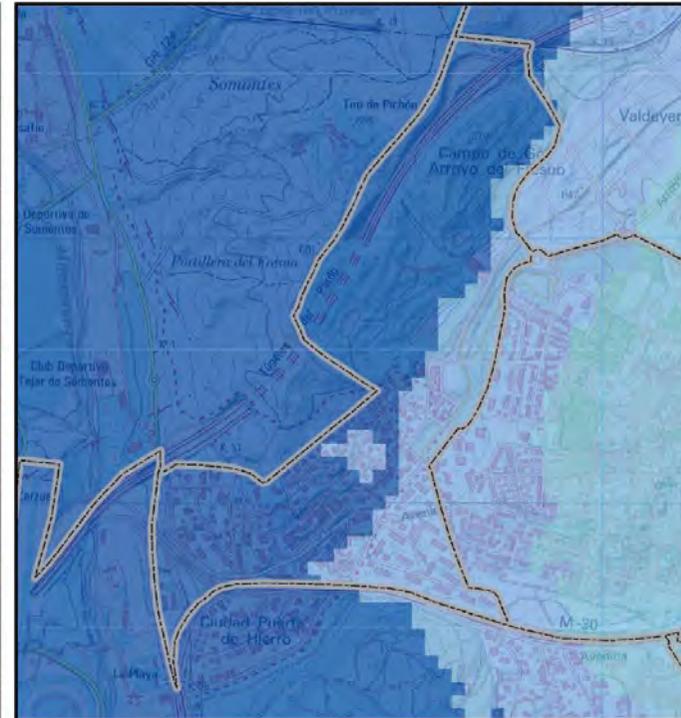
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	16,03
Infraestructuras verdes	65,16
Industria y servicios	18,01
Áreas en proceso de urbanización	0,80

ÍNDICE DE IMPACTO Superficie (%)	
Nulo	71,99
Débil	28,01

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



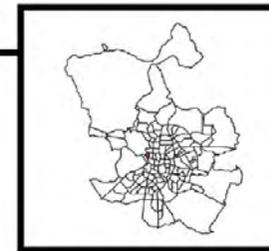
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



# 55. GAZTAMBIDE

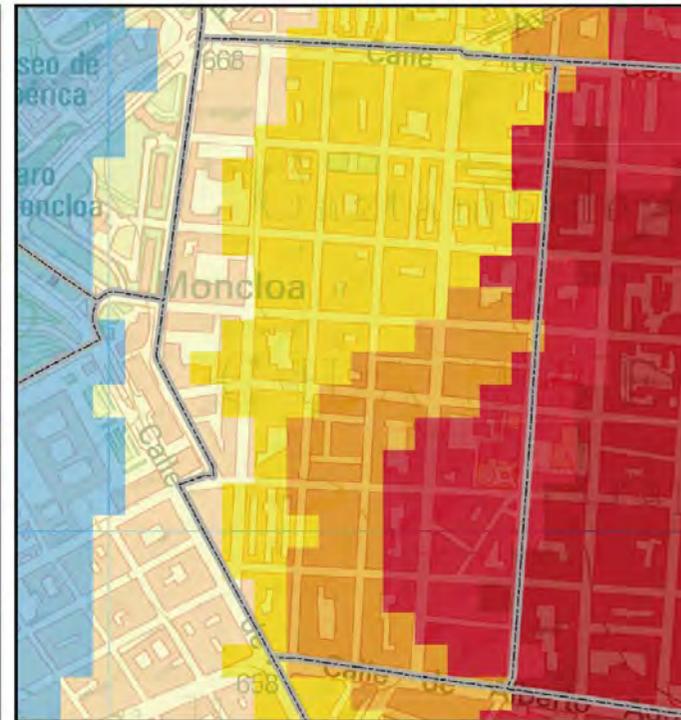


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	82,86
Infraestructuras verdes	0,68
Industria y servicios	16,46

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	14,69
Moderado +	46,61
Fuerte	19,56
Fuerte +	18,54
Muy fuerte	0,60

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 56. GOYA

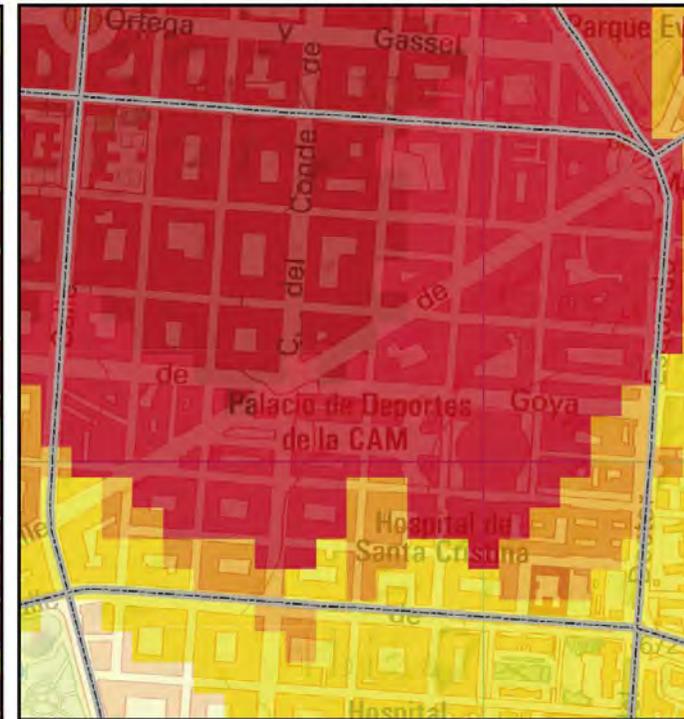
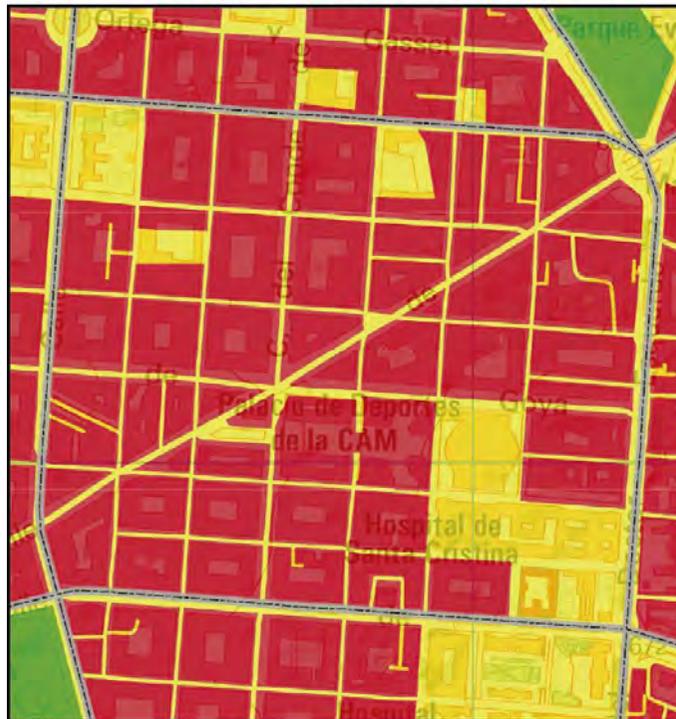


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	72,57
Industria y servicios	27,43

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado +	8,92
Fuerte	10,51
Fuerte +	52,50
Muy fuerte	28,07

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



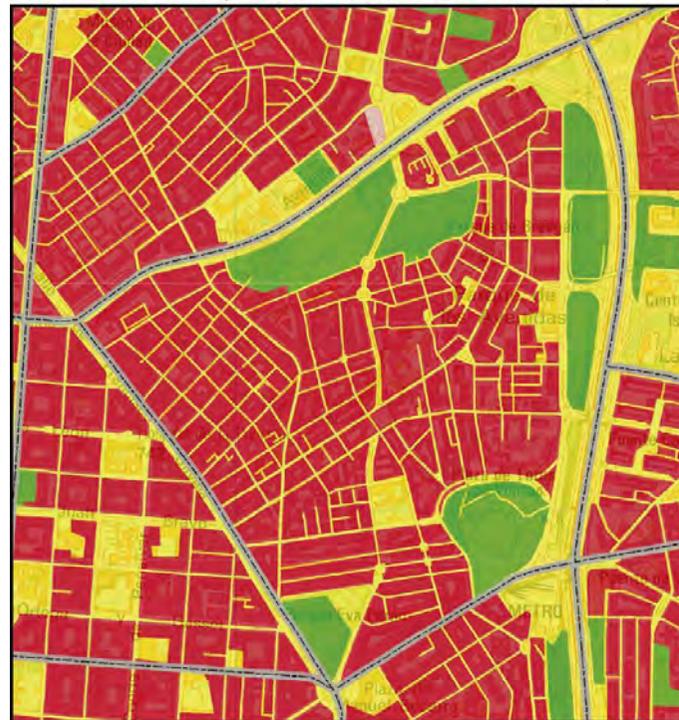
# 57. GUINDALERA



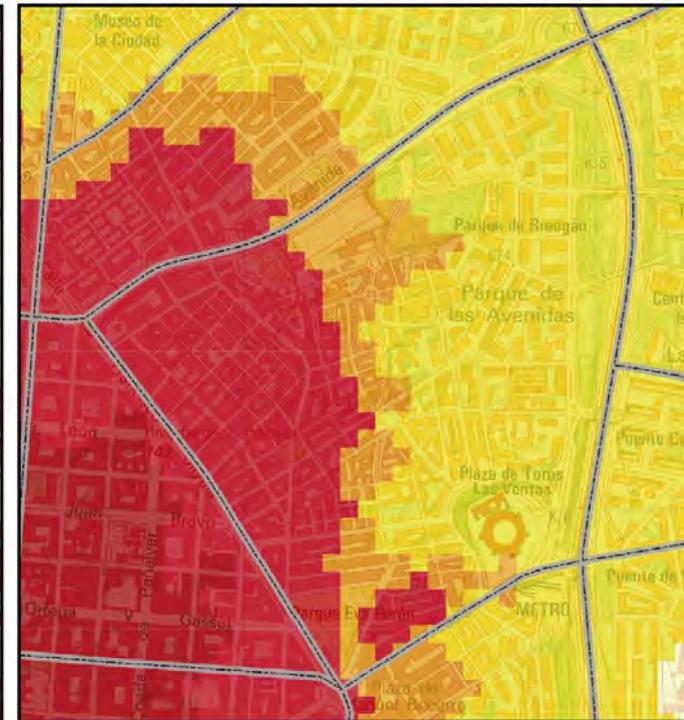
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	55,87
Infraestructuras verdes	17,22
Industria y servicios	26,91

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado +	53,08
Fuerte	15,17
Fuerte +	31,75

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



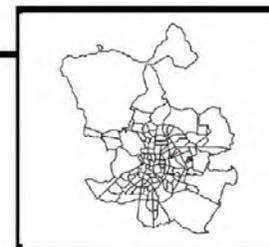
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



# 58. HELLÍN

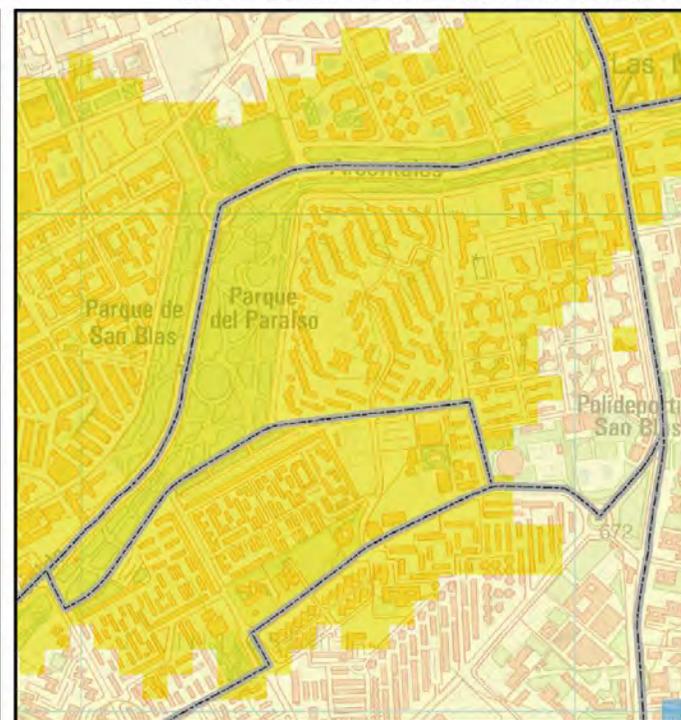


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	35,65
Infraestructuras verdes	34,83
Industria y servicios	29,52

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	18,12
Moderado +	81,88

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 59. HISPANOAMÉRICA



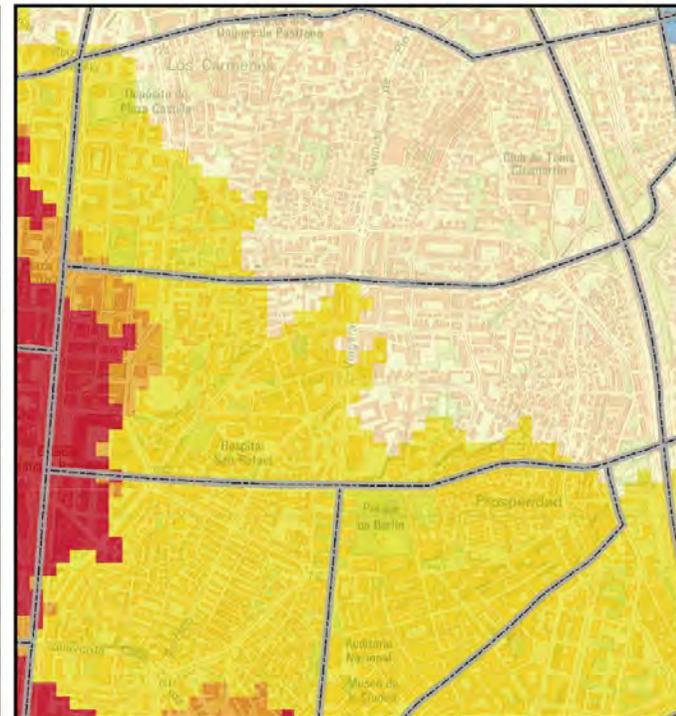
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	58,63
Infraestructuras verdes	13,71
Industria y servicios	27,66

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	43,39
Moderado +	42,65
Fuerte	5,53
Fuerte +	8,43

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



# 60. HORCAJO



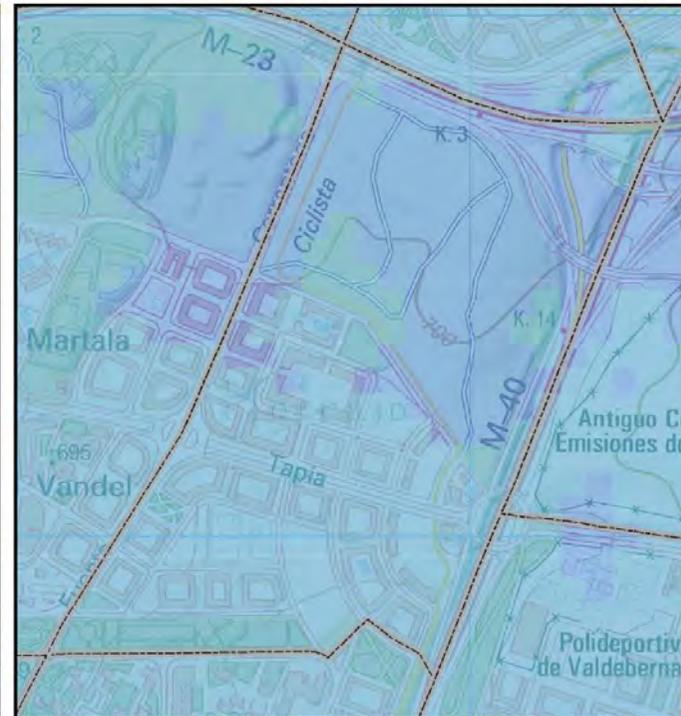
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	28,86
Infraestructuras verdes	49,74
Industria y servicios	21,40

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	41,08
Débil +	58,92

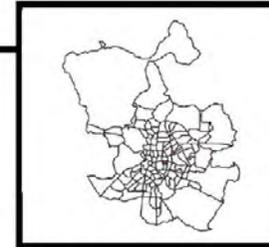
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 61. IBIZA

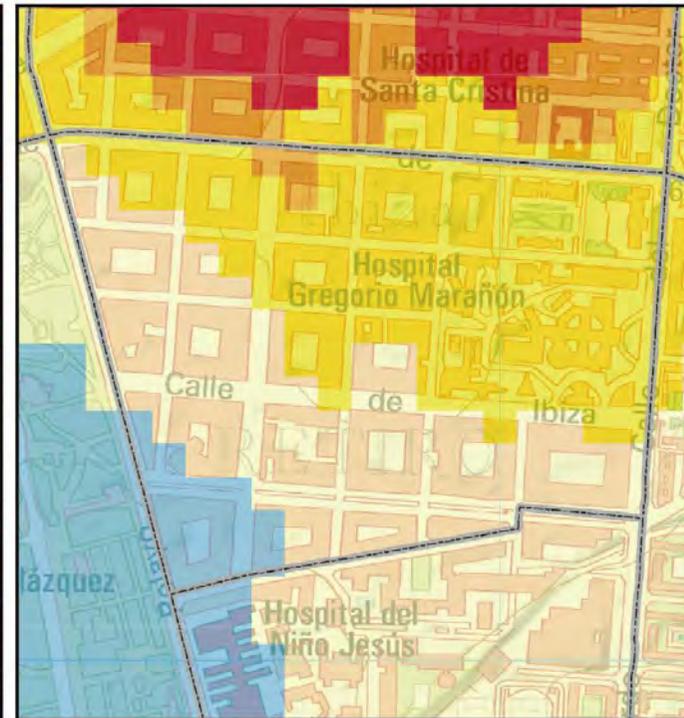


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	59,81
Industria y servicios	40,19

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	6,43
Moderado	41,97
Moderado +	50,17
Fuerte	1,43

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



50 M.



# 62. IMPERIAL

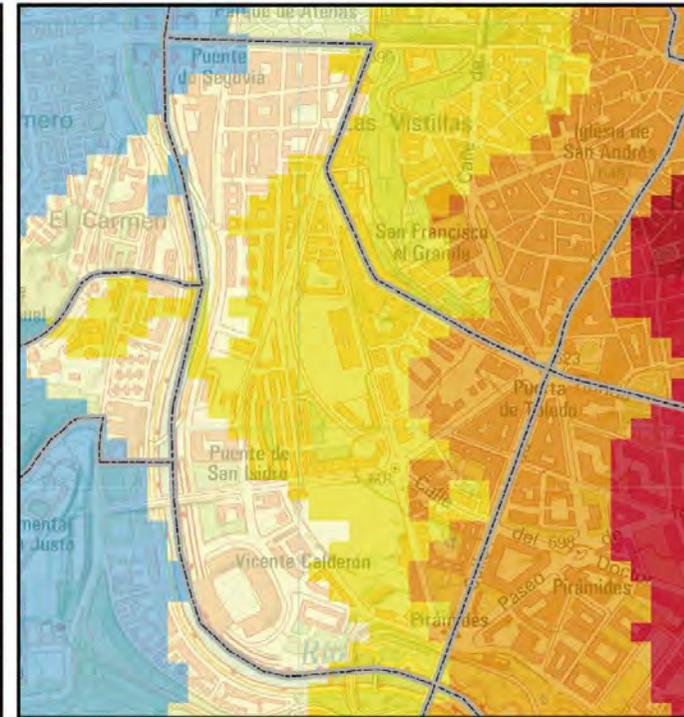
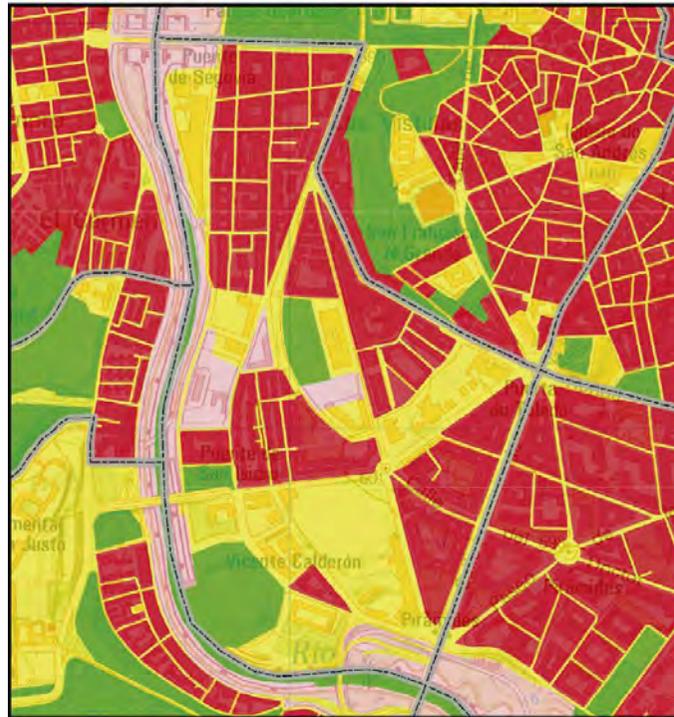


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	38,03
Infraestructuras verdes	8,77
Industria y servicios	42,34
Áreas en proceso de urbanización	10,86

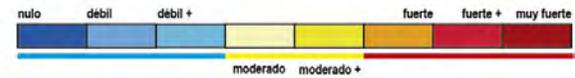
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	2,11
Moderado	37,27
Moderado +	46,76
Fuerte	13,86

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



100 M.



# 63. JERÓNIMOS

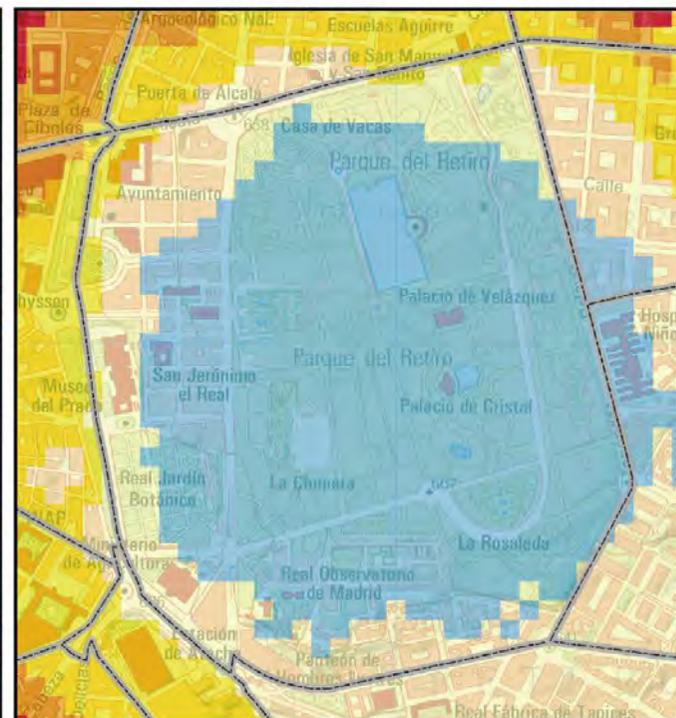


USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	11,09	Débil +	72,47
Infraestructuras verdes	65,80	Moderado	25,13
Industria y servicios	23,11	Moderado +	2,40

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



120 M.



# 64. JUSTICIA

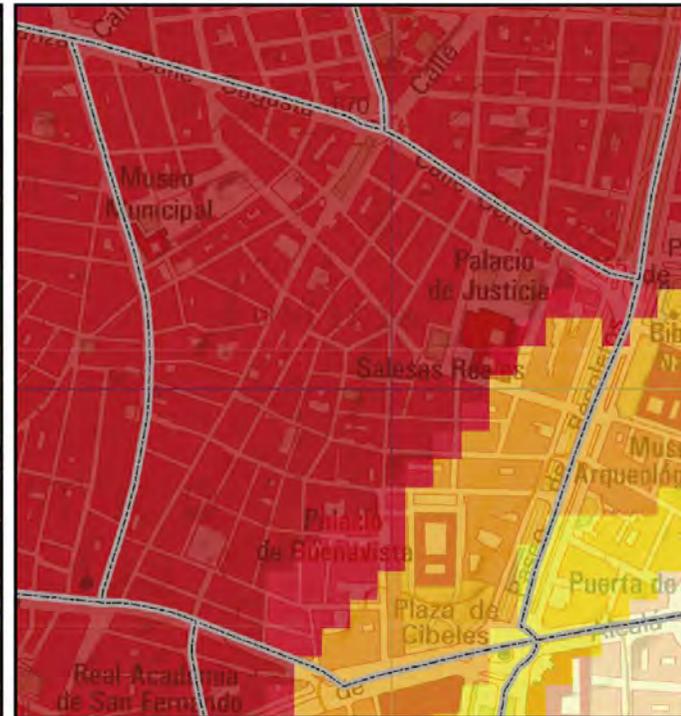
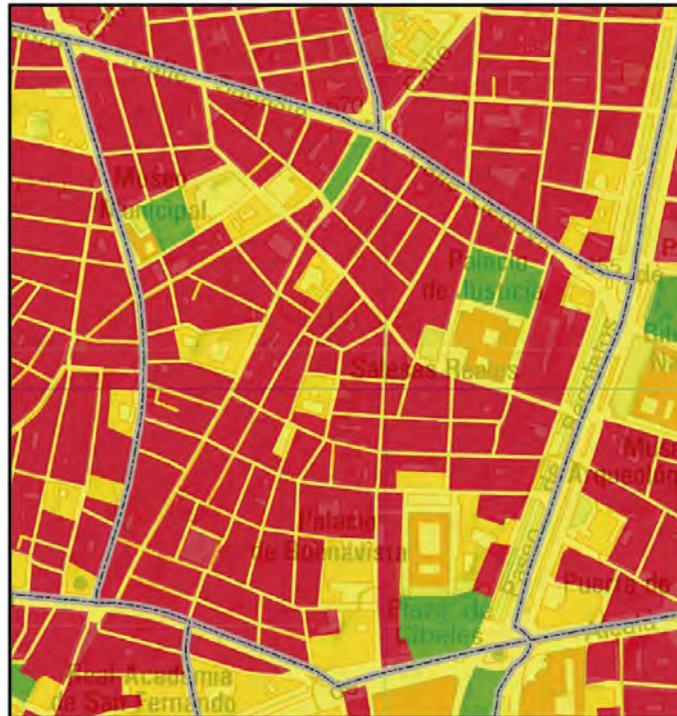


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	60,78
Infraestructuras verdes	4,90
Industria y servicios	34,32

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado +	0,78
Fuerte	19,20
Fuerte +	8,92
Muy fuerte	71,10

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 65. LA CHOPERA

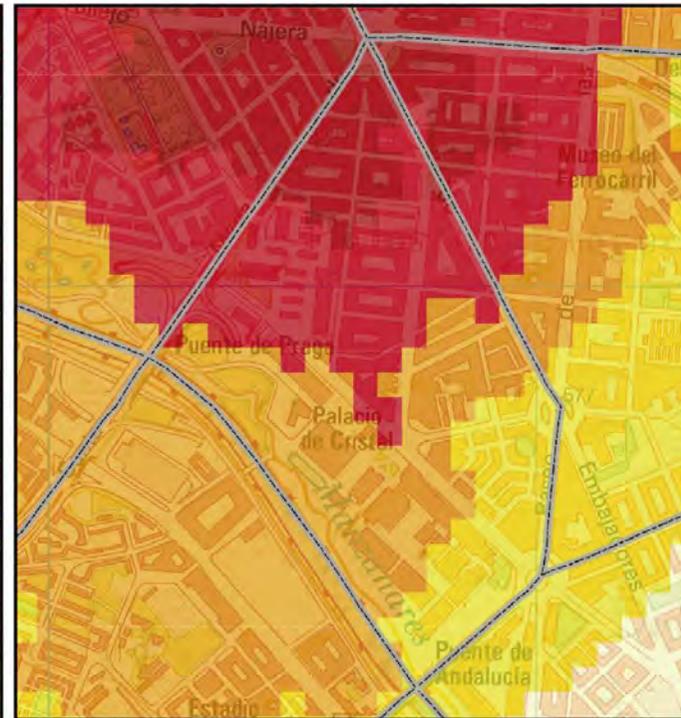
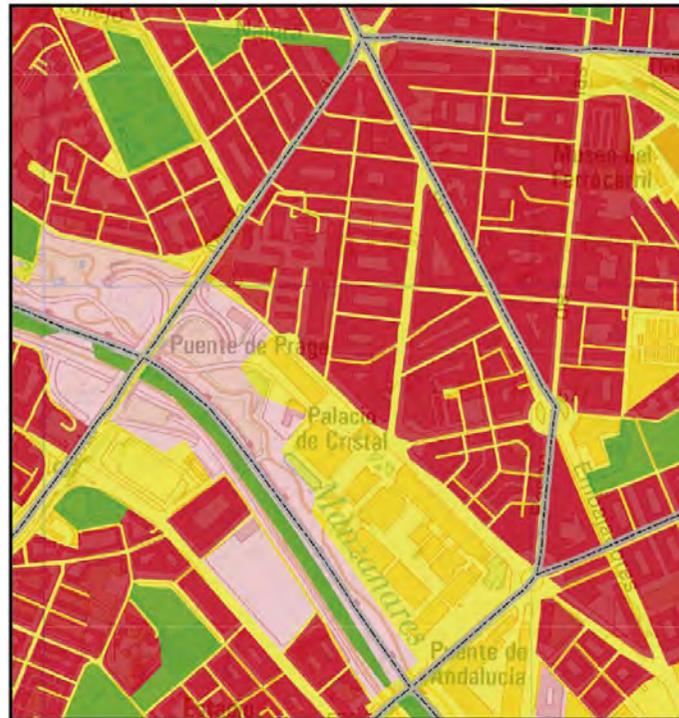


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	47,26
Industria y servicios	39,56
Áreas en proceso de urbanización	13,18

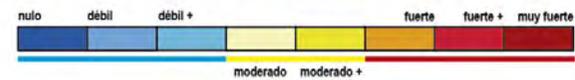
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado +	19,28
Fuerte	38,89
Fuerte +	31,17
Muy fuerte	10,66

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



100 M.



# 66. LA PAZ



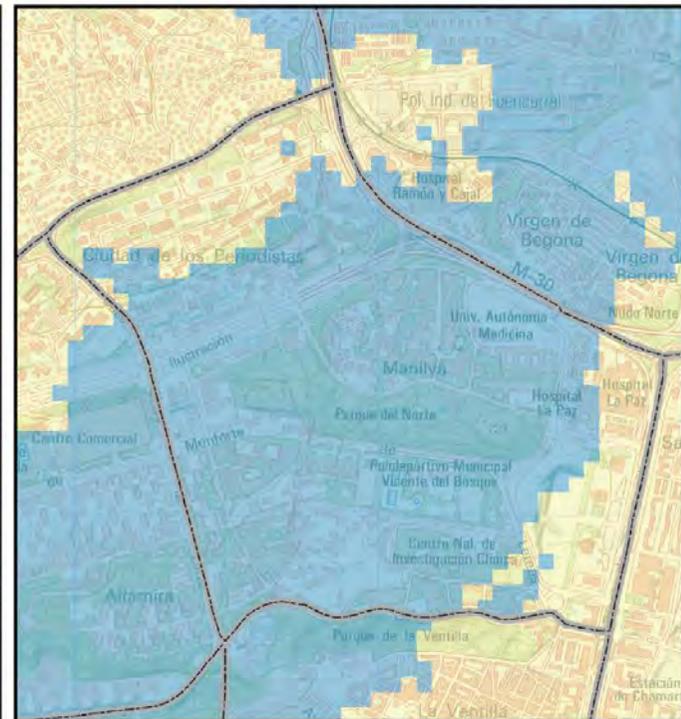
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	33,61
Infraestructuras verdes	26,11
Industria y servicios	35,62
Áreas en proceso de urbanización	4,66

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	75,38
Moderado	24,62

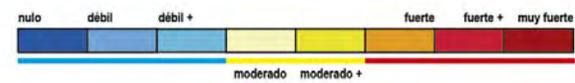
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



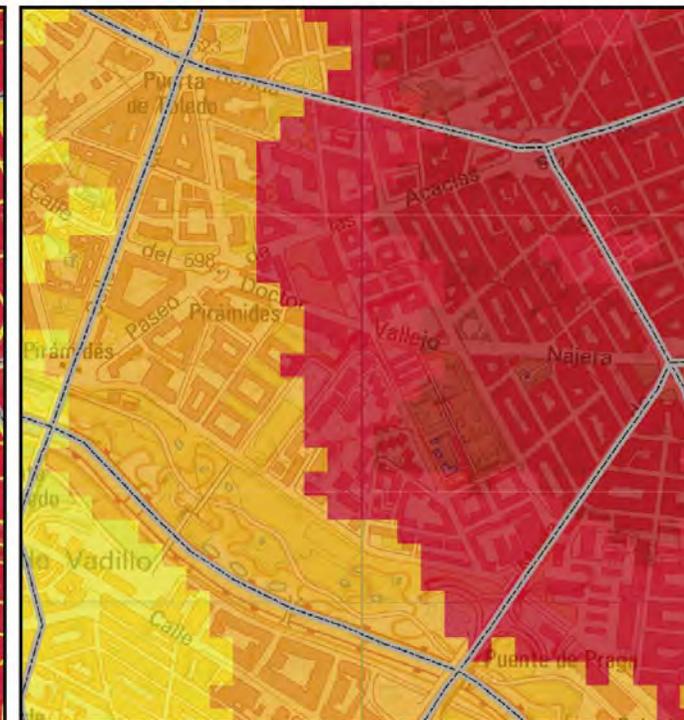
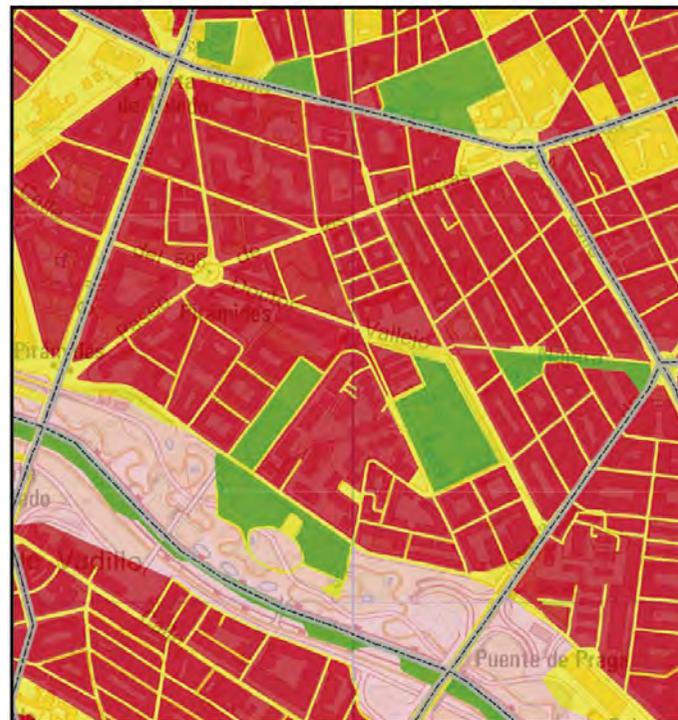
# 67. LAS ACACIAS



INDICE DE IMPACTO	Superficie (%)	USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Moderado +	0,05	Áreas urbanas	40,05
Fuerte	41,58	Infraestructuras verdes	31,71
Fuerte +	29,92	Industria y servicios	27,74
Muy fuerte	28,45	Áreas en proceso de urbanización	0,50

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



100 M.



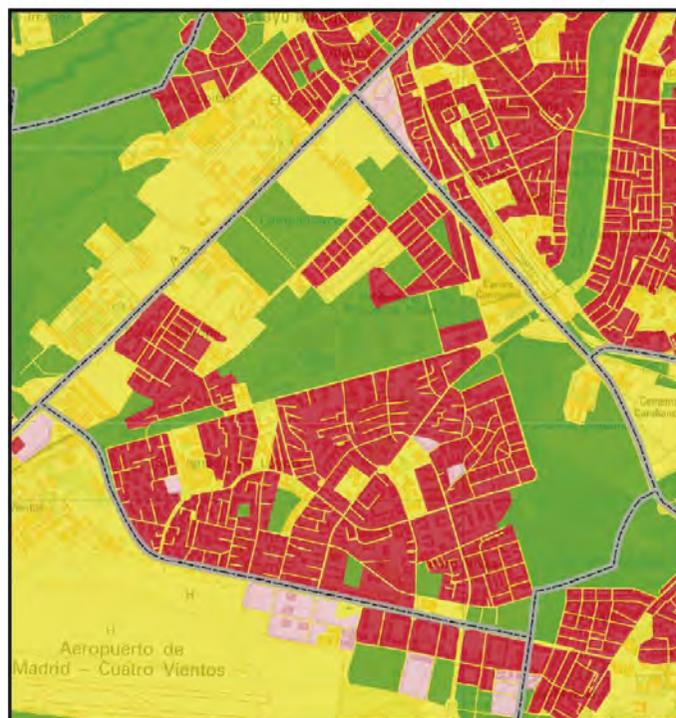
# 68. LAS ÁGUILAS

USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	61,84
Infraestructuras verdes	8,28
Industria y servicios	16,18
Áreas en proceso de urbanización	13,70

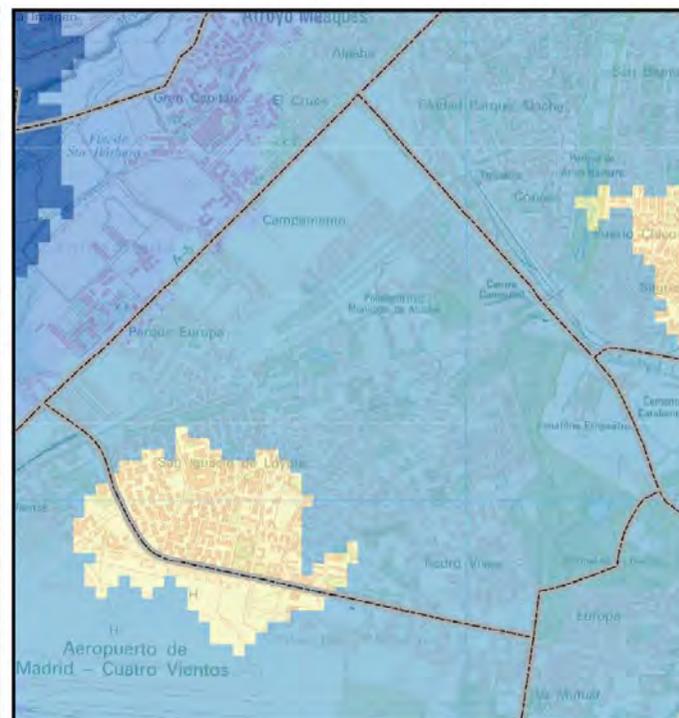
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	1,02
Débil +	87,32
Moderado	11,66



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



200 M.



# 69. LEGAZPI

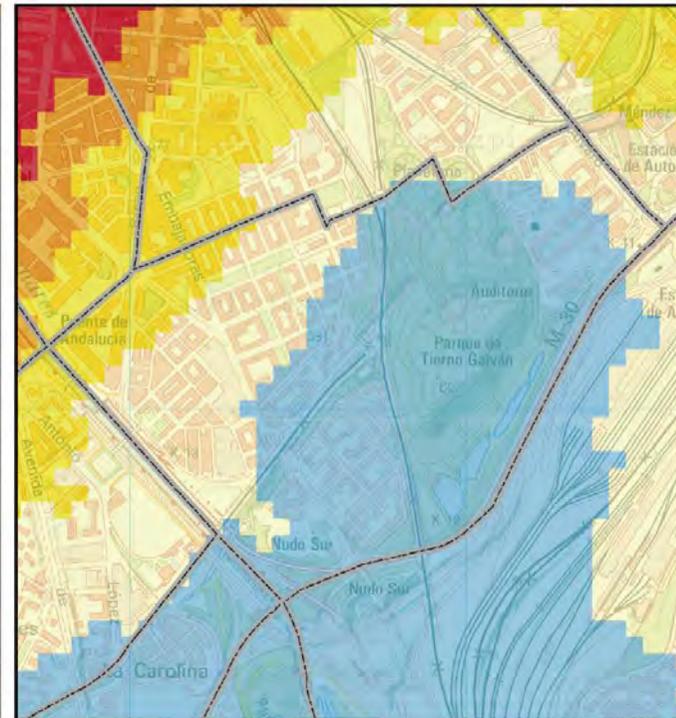
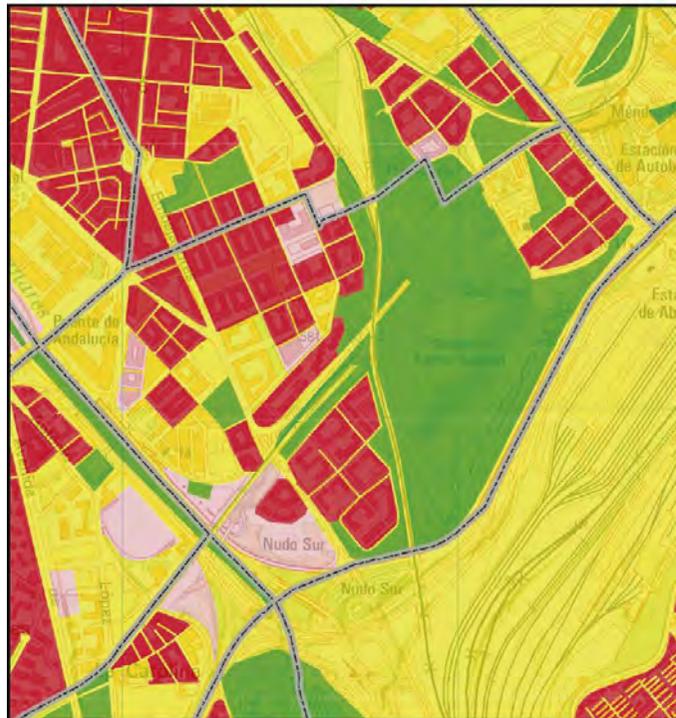


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	26,14
Infraestructuras verdes	36,87
Industria y servicios	29,61
Áreas en proceso de urbanización	7,38

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	61,97
Moderado	30,80
Moderado +	7,23

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 70. LISTA

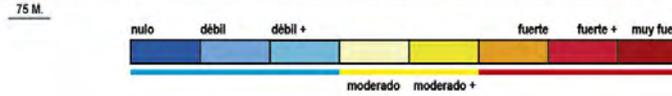
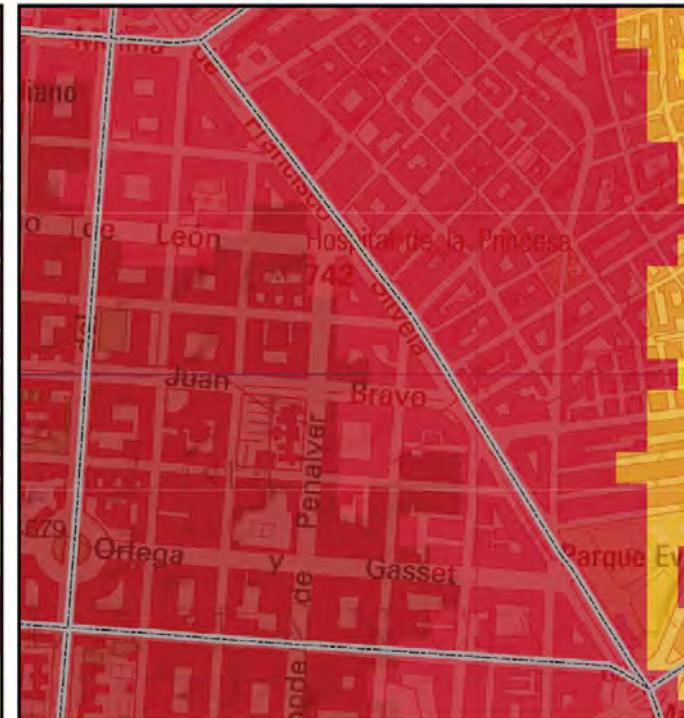


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	65,49
Infraestructuras verdes	1,20
Industria y servicios	33,31

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Fuerte +	41,35
Muy fuerte	58,65

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 71. LOS ÁNGELES



ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	45,18
Moderado	54,82

USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	35,21
Infraestructuras verdes	18,03
Industria y servicios	46,76

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



# 72. LOS CÁRMENES

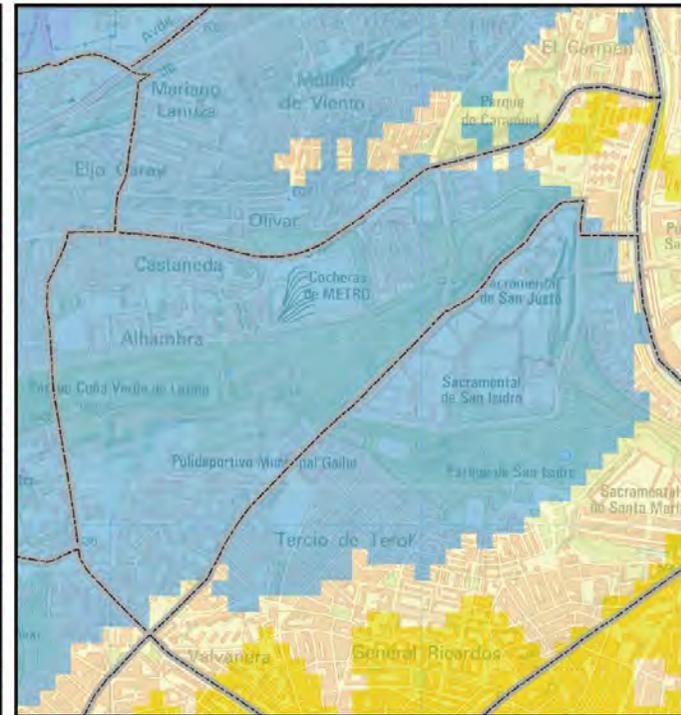


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	31,14
Infraestructuras verdes	45,19
Industria y servicios	21,38
Áreas en proceso de urbanización	2,29

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	89,20
Moderado	7,64
Moderado +	3,16

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



# 73. LOS ROSALES

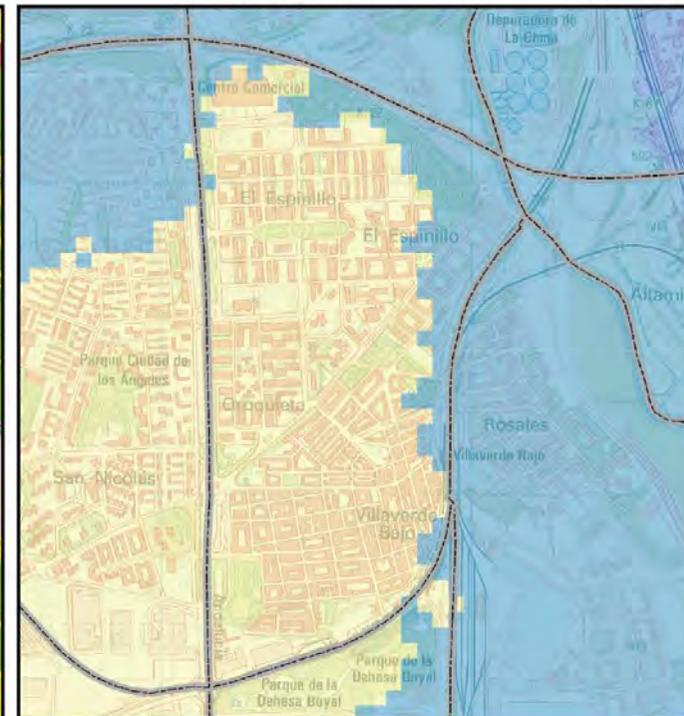
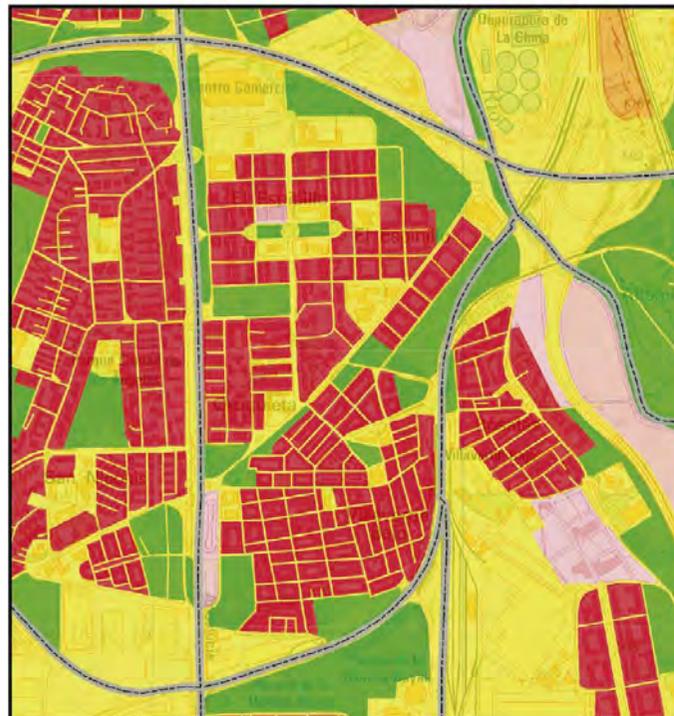


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	43,07
Infraestructuras verdes	19,24
Industria y servicios	35,98
Áreas en proceso de urbanización	1,71

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	19,84
Moderado	80,16

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



# 74. LUCERO



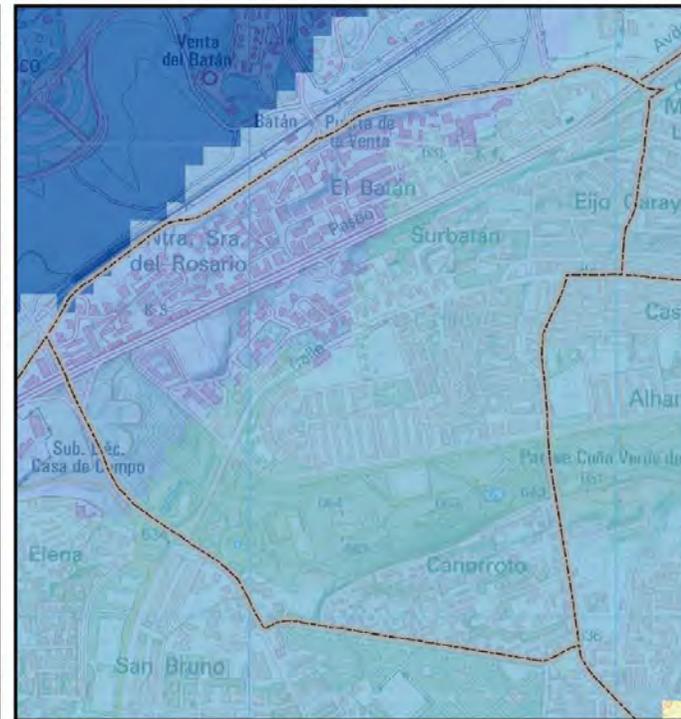
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	49,18
Infraestructuras verdes	30,52
Industria y servicios	20,30

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	0,08
Débil	29,81
Débil +	70,11

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 75. MARROQUINA



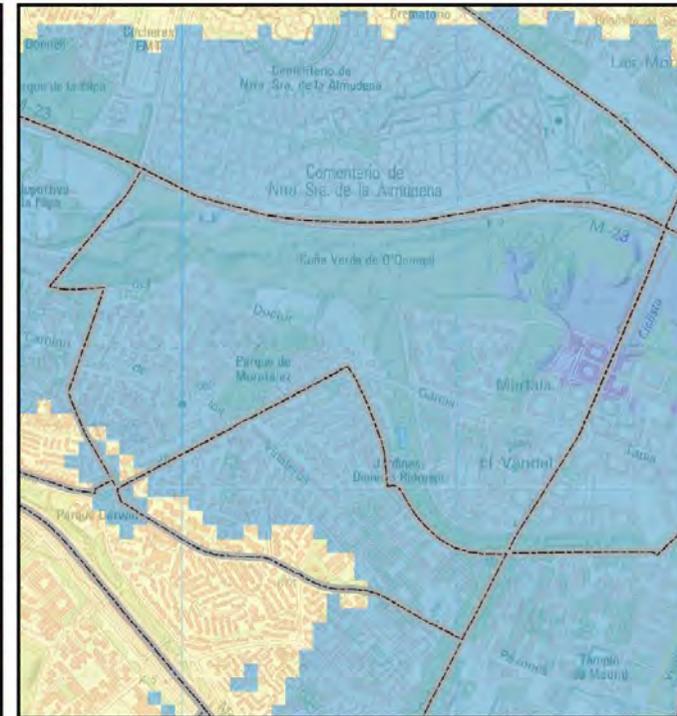
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	32,45
Infraestructuras verdes	48,87
Industria y servicios	18,38
Áreas en proceso de urbanización	0,30

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	7,67
Débil +	91,75
Moderado	0,58

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 76. MEDIA LEGUA

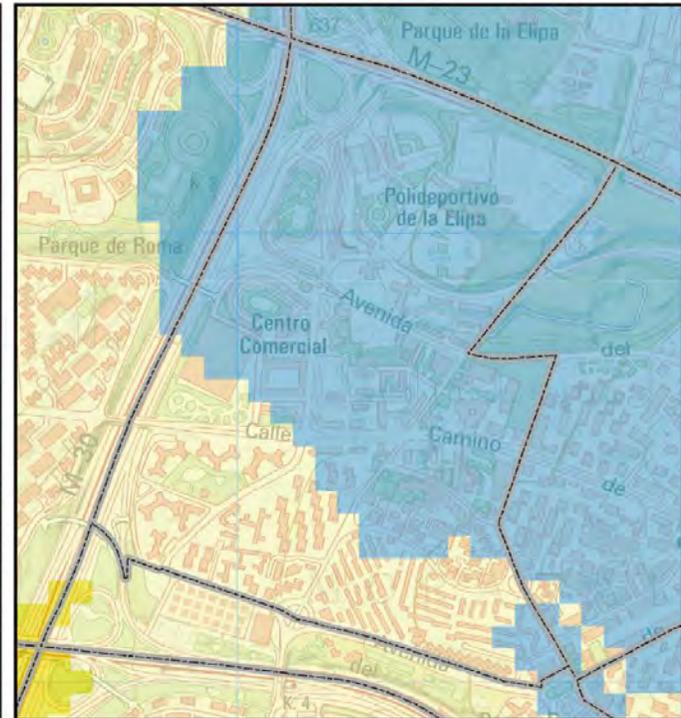
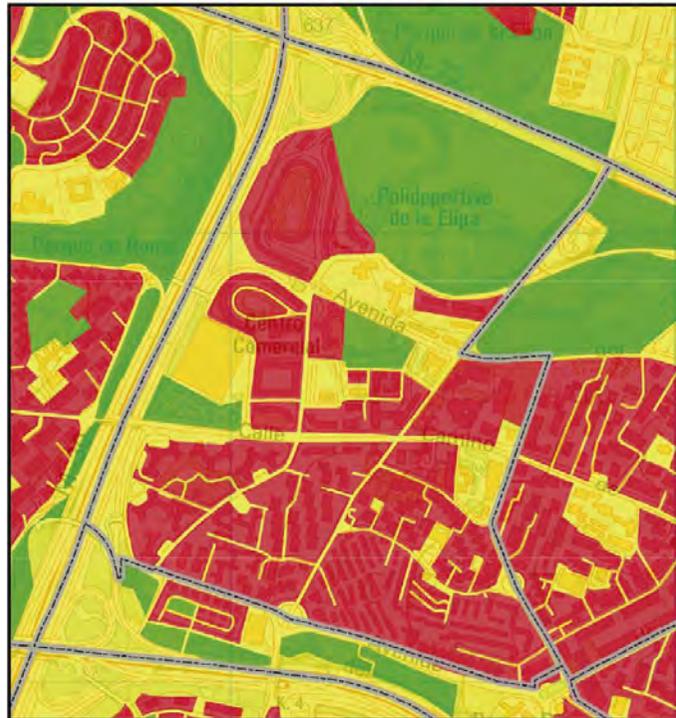


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	48,43
Infraestructuras verdes	20,86
Industria y servicios	30,71

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	68,79
Moderado	31,21

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



100 M.



# 77. MIRASIERRA

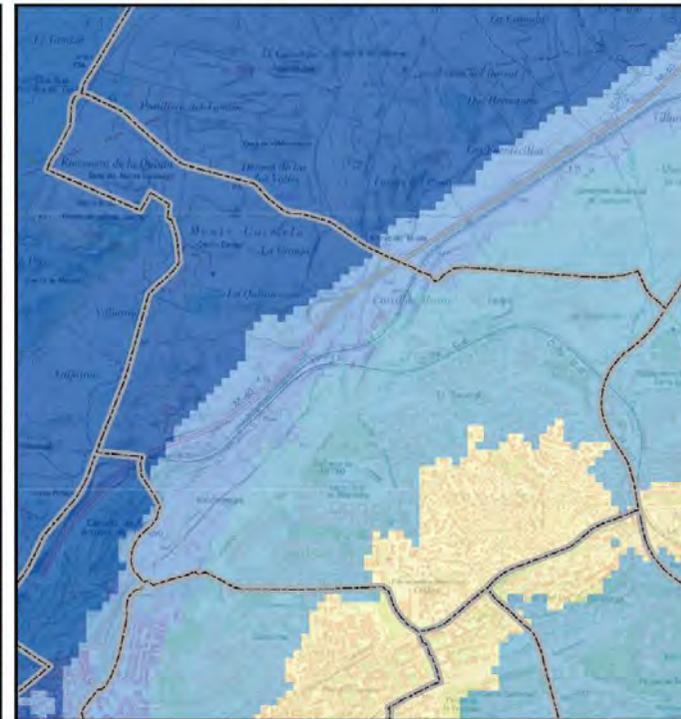
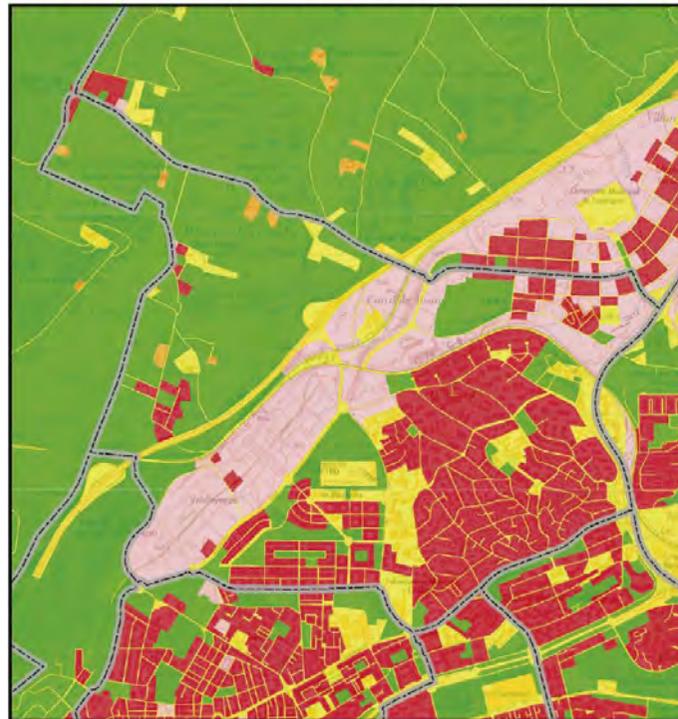


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	28,06
Infraestructuras verdes	34,72
Industria y servicios	17,23
Áreas en proceso de urbanización	19,40
Actividades extractivas	0,59

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	24,81
Débil	18,18
Débil +	41,19
Moderado	15,82

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 78. MOSCARDÓ

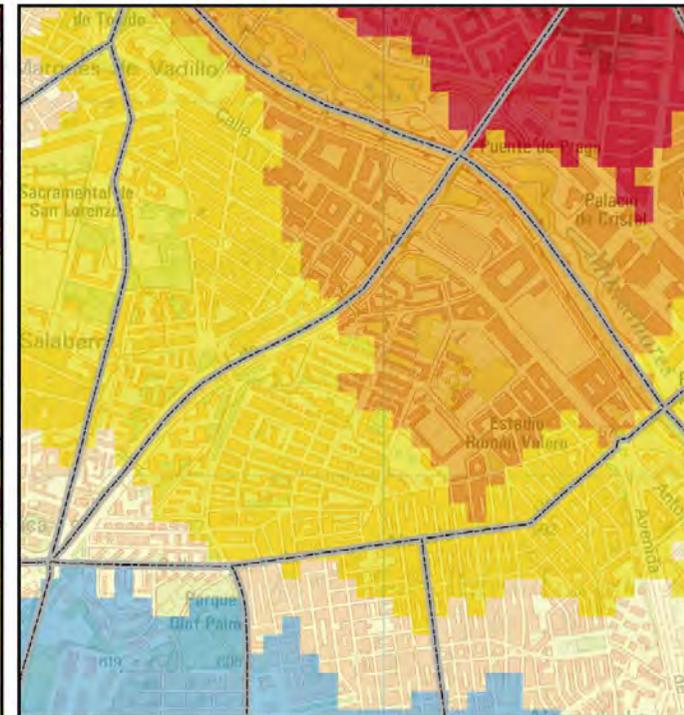
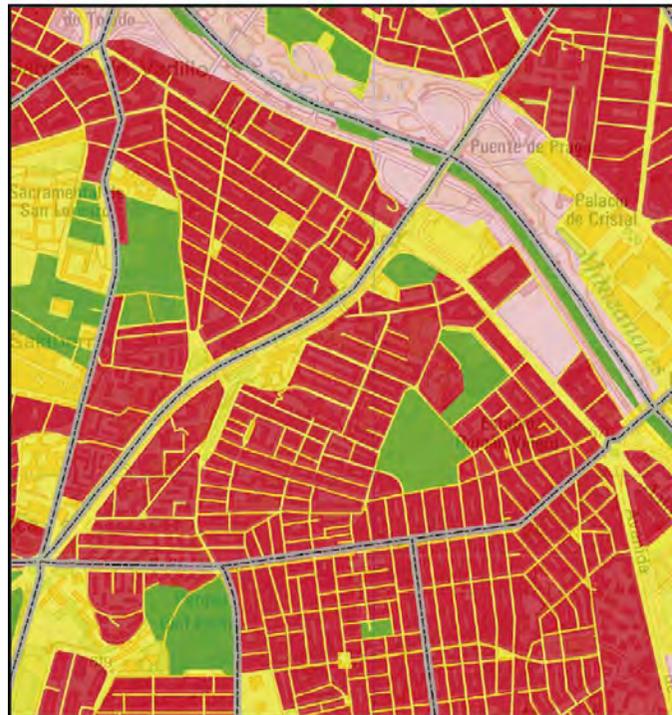


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	57,26
Infraestructuras verdes	10,47
Industria y servicios	24,20
Áreas en proceso de urbanización	8,07

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	0,001
Moderado	6,503
Moderado +	46,321
Fuerte	47,176

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

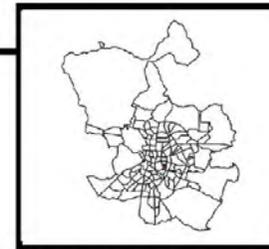
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



- Infraestructuras verdes
- Industrial y vías de comunicación
- Áreas urbanas
- Aeropuertos
- Áreas en proceso de urbanización
- Otras
- Permeable
- Impermeable (clasificación de superficies)



# 79. NIÑO JESÚS

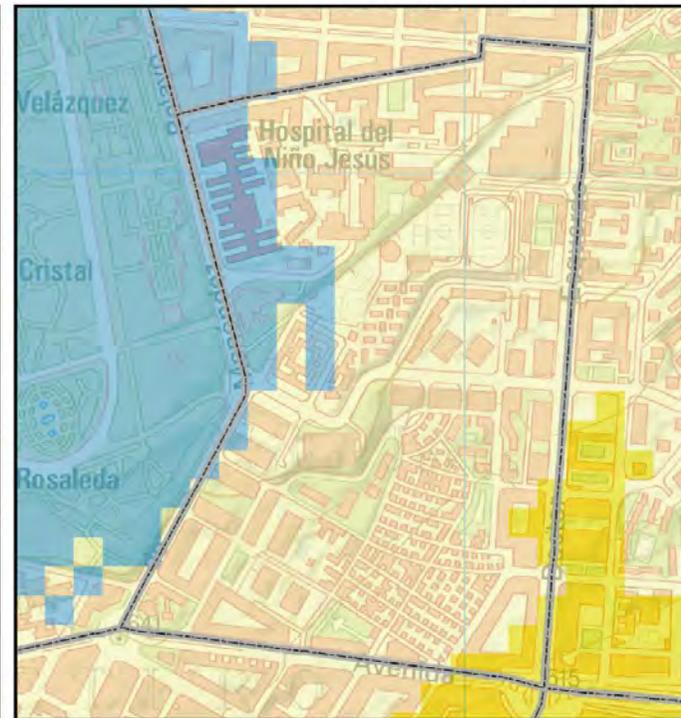


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	49,32
Infraestructuras verdes	9,71
Industria y servicios	40,97

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	10,53
Moderado	86,35
Moderado +	3,12

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 80. NUEVA ESPAÑA

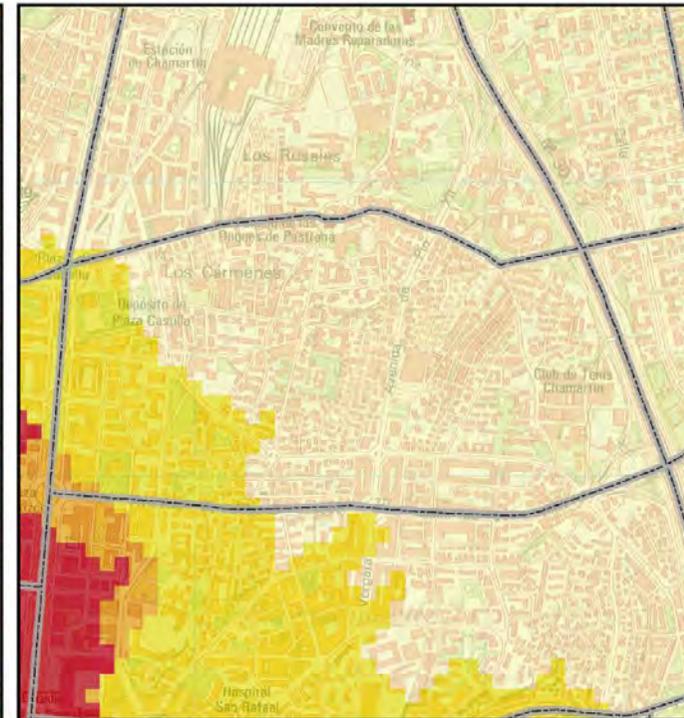


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	61,95
Infraestructuras verdes	11,26
Industria y servicios	26,47
Áreas en proceso de urbanización	0,32

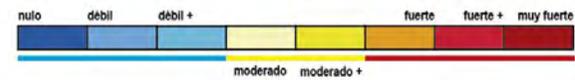
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	78,30
Moderado +	20,99
Fuerte	0,71

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



# 81. NUMANCIA

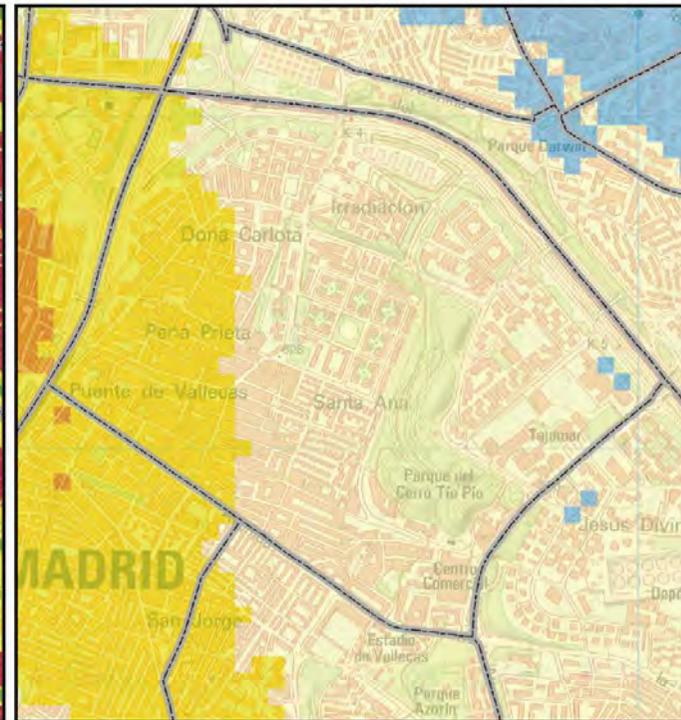


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	47,08
Infraestructuras verdes	14,64
Industria y servicios	38,28

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	0,1843
Moderado	77,7556
Moderado +	22,0600
Fuerte	0,0001

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 82. OPAÑEL

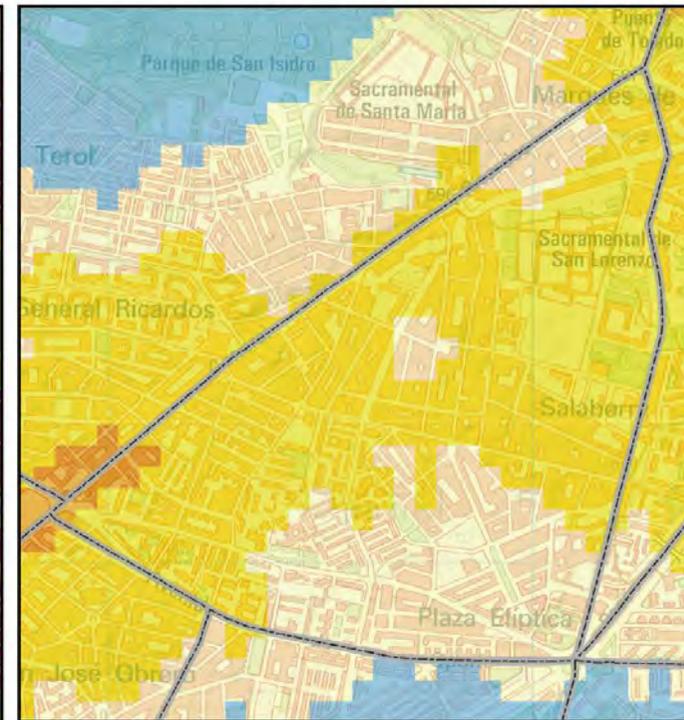
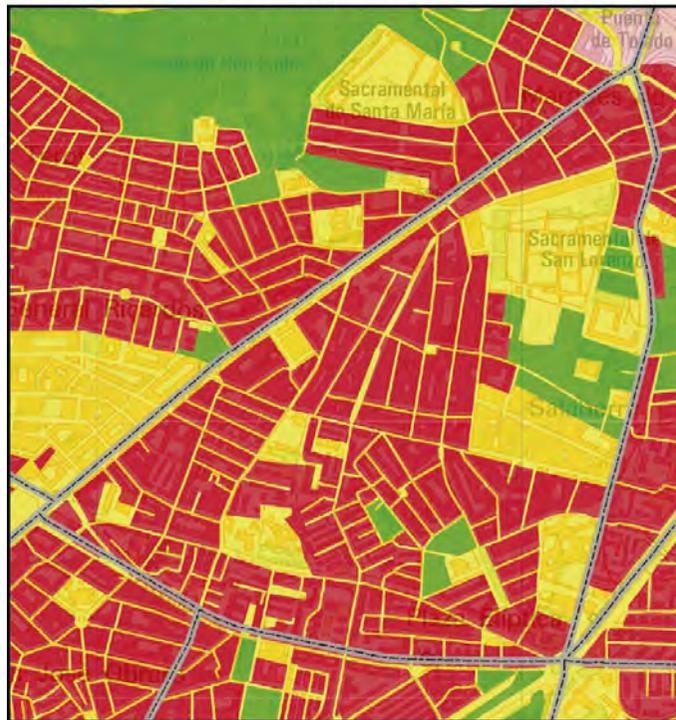


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	56,55
Infraestructuras verdes	6,54
Industria y servicios	36,91

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	30,22
Moderado +	68,27
Fuerte	1,51

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



100 M.



# 83. ORCASITAS



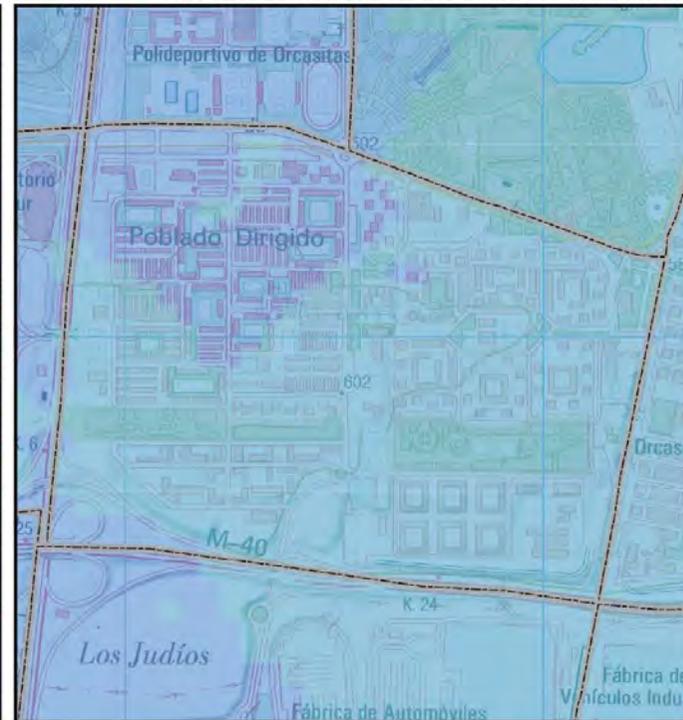
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	42,97
Infraestructuras verdes	29,21
Industria y servicios	27,82

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	23,46
Débil +	76,54

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



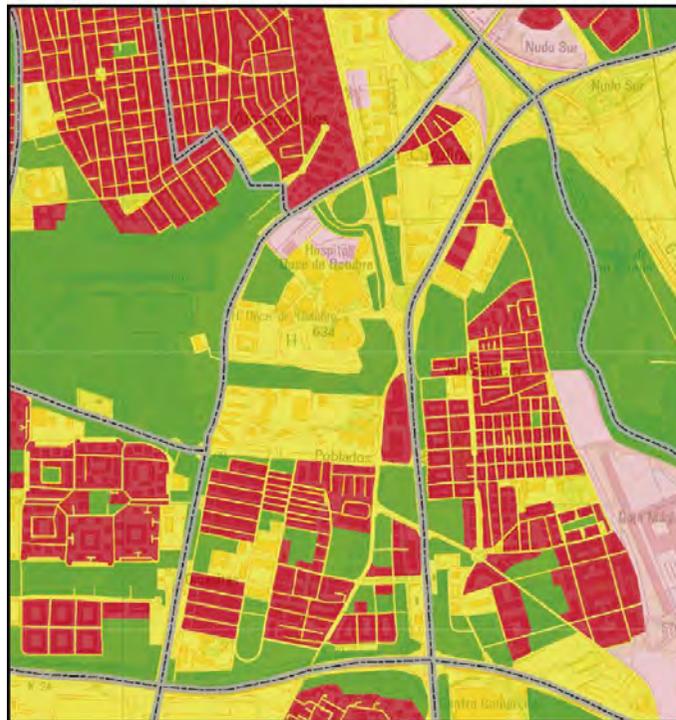
# 84. ORCASUR

USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	21,32
Infraestructuras verdes	23,57
Industria y servicios	51,53
Áreas en proceso de urbanización	3,58

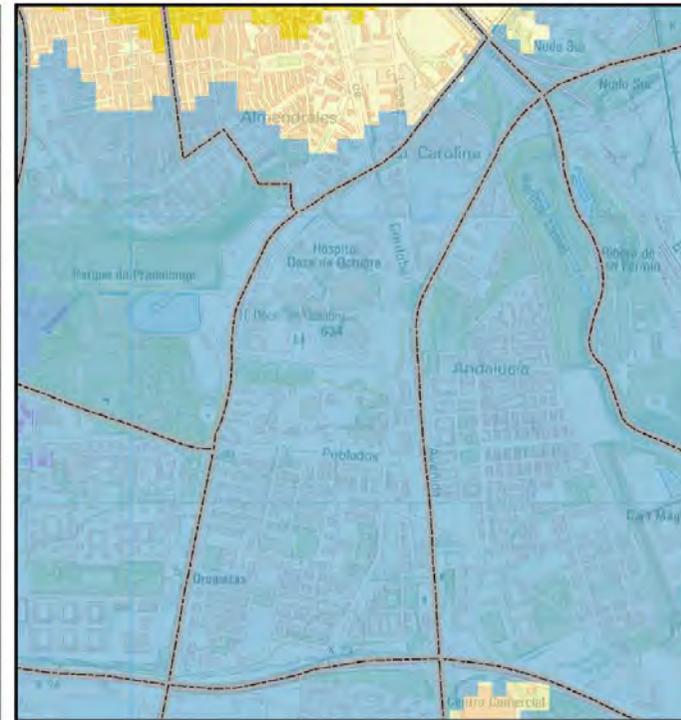
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Debil +	99,95
Moderado	0,05



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



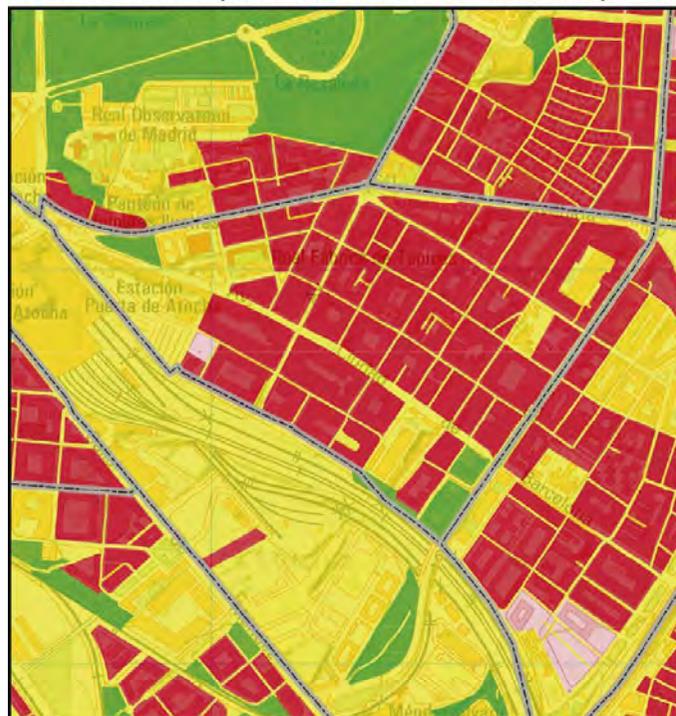
# 85. PACÍFICO



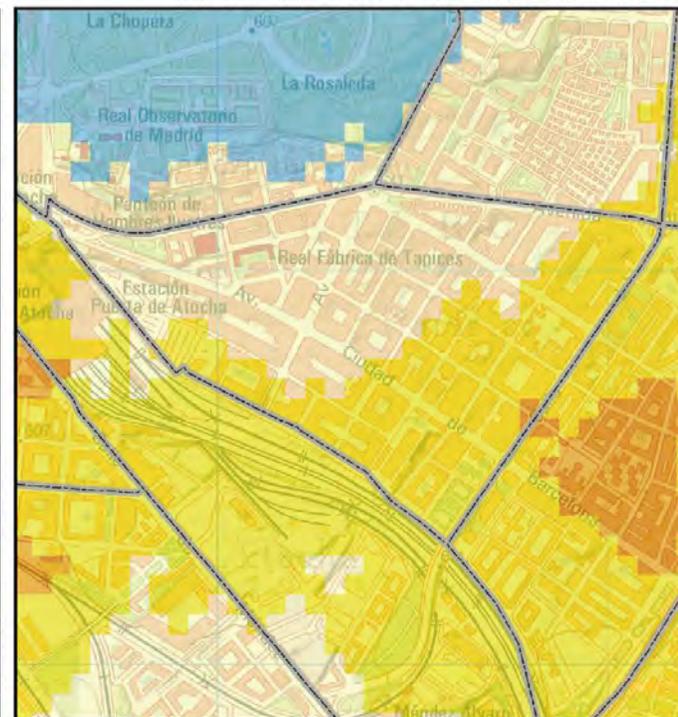
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	62,55
Infraestructuras verdes	6,71
Industria y servicios	30,28
Áreas en proceso de urbanización	0,46

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	54,48
Moderado +	45,11
Fuerte	0,41

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 86. PALACIO

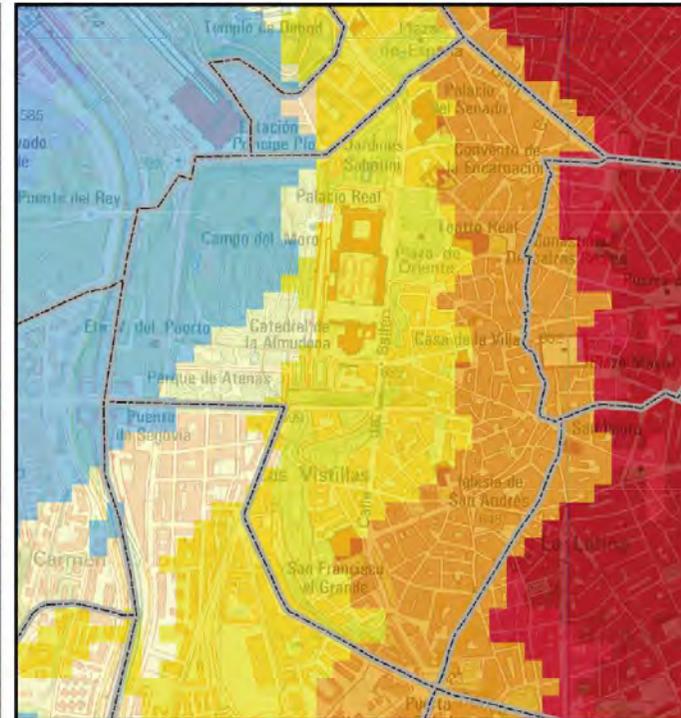
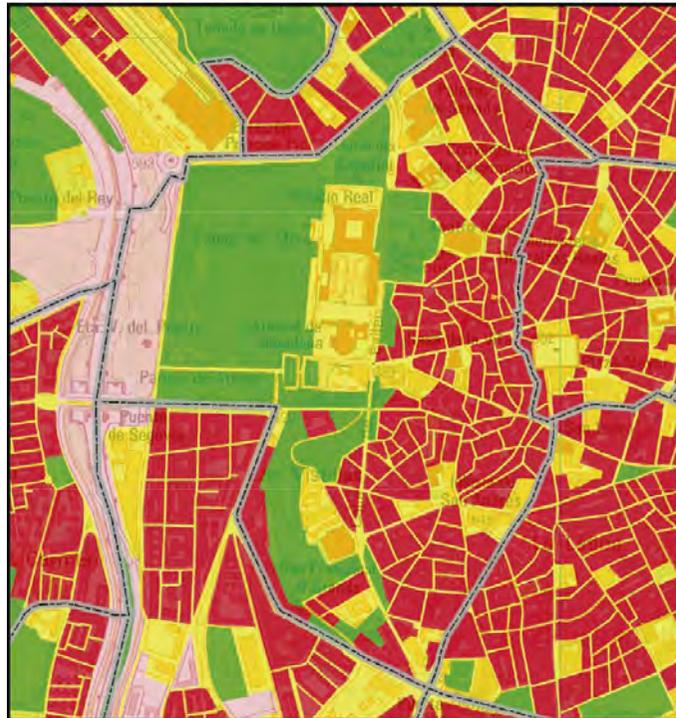


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	33,34
Infraestructuras verdes	31,64
Industria y servicios	29,03
Áreas en proceso de urbanización	5,99

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	16,92
Moderado	7,05
Moderado +	41,61
Fuerte	34,16
Fuerte +	0,26

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



- Infraestructuras verdes
- Industrial y vías de comunicación
- Áreas urbanas
- Áreas en proceso de urbanización
- Aeropuertos
- Otras
- Permeable
- Impermeable (clasificación de superficies)



# 87. PALOMAS



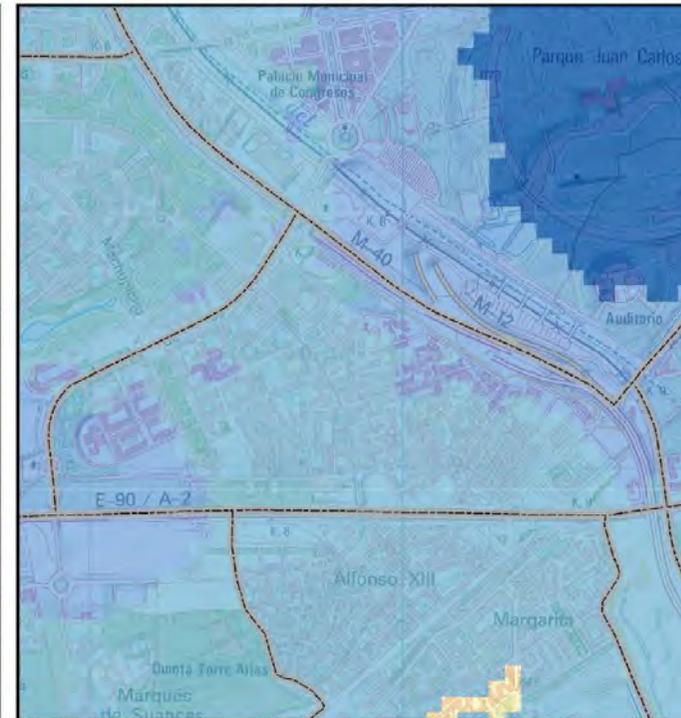
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	44,42
Infraestructuras verdes	22,39
Industria y servicios	28,36
Áreas en proceso de urbanización	4,83

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	32,53
Débil +	67,47

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 88. PALOMERAS BAJAS

USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	51,95
Infraestructuras verdes	17,18
Industria y servicios	30,28
Áreas en proceso de urbanización	0,59

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	17,67
Moderado	69,73
Moderado +	12,60



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 89. PALOMERAS SURESTE

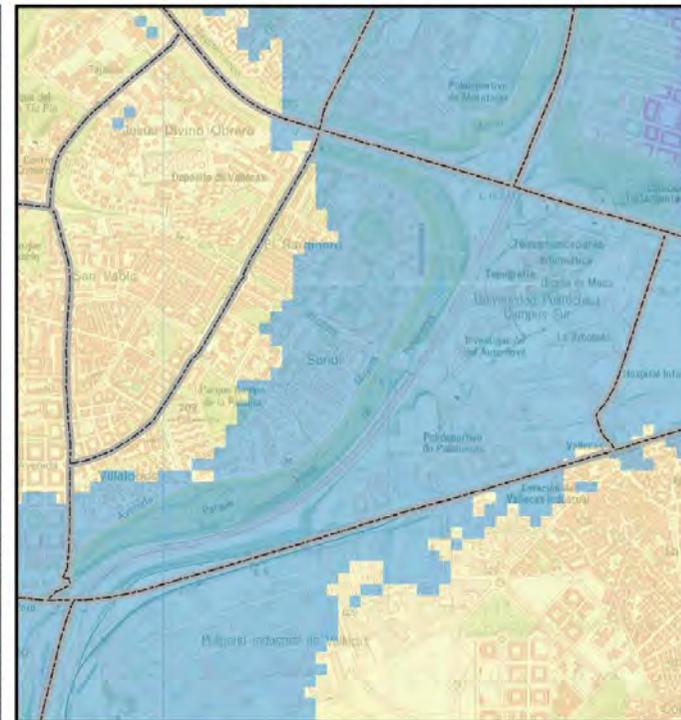


USOS DEL SUELO	Palomeras Sureste	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	24,05	Débil +	86,70
Infraestructuras verdes	31,62	Moderado	13,30
Industria y servicios	44,33		

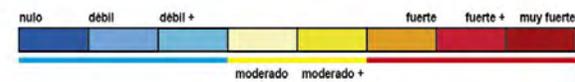
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



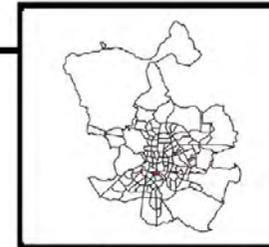
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



175 M.



# 90. PALOS DE MOGUER

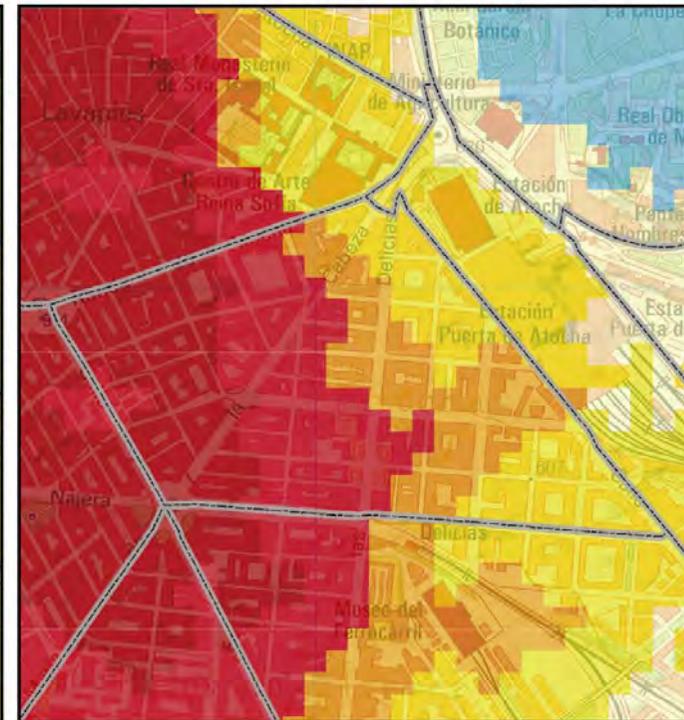
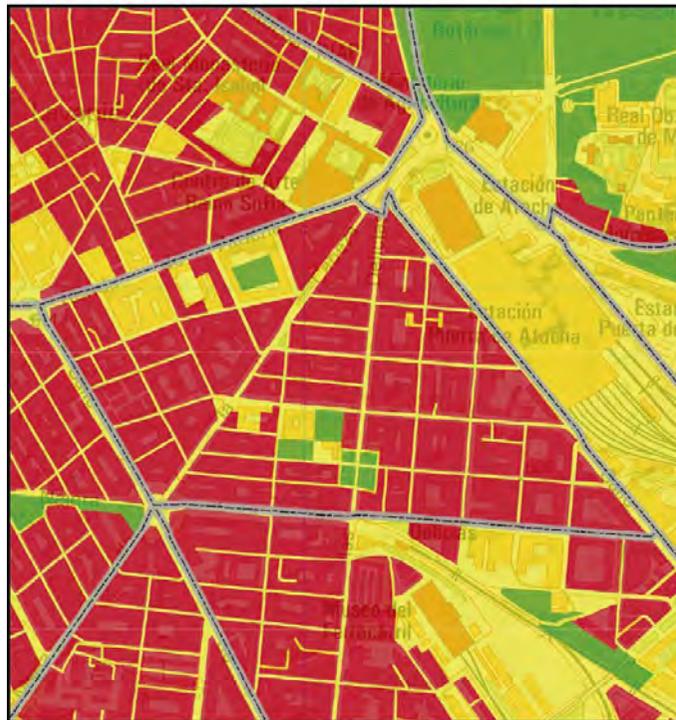


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	73,12
Infraestructuras verdes	2,97
Industria y servicios	23,91

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado +	23,00
Fuerte	23,56
Fuerte +	29,45
Muy fuerte	23,99

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



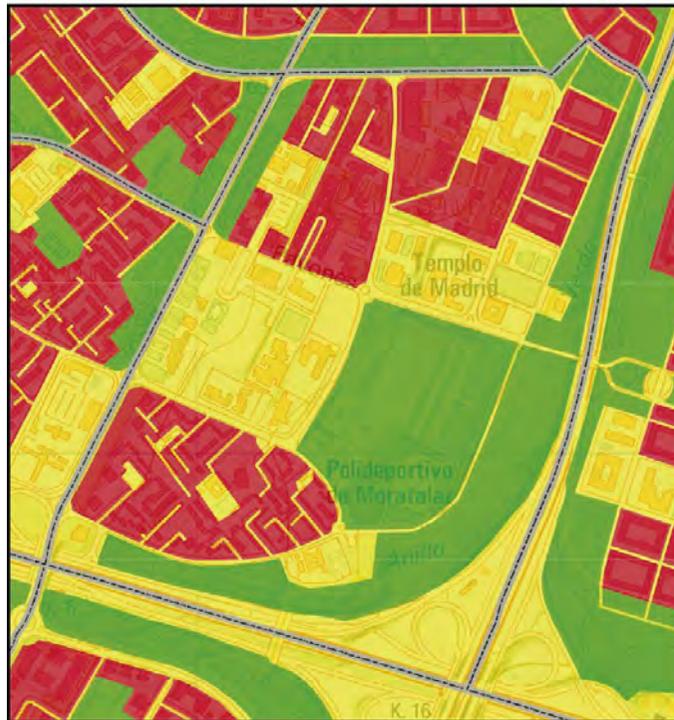
# 91. PAVONES



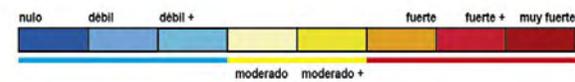
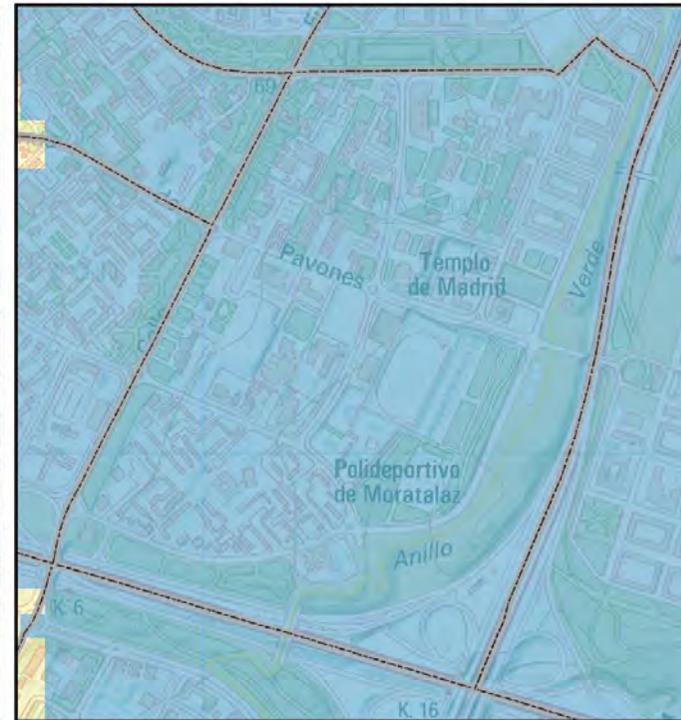
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	27,16
Infraestructuras verdes	30,81
Industria y servicios	42,03

ÍNDICE DE IMPACTO Superficie (%)	
Débil +	100,00

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 92. PEÑA GRANDE



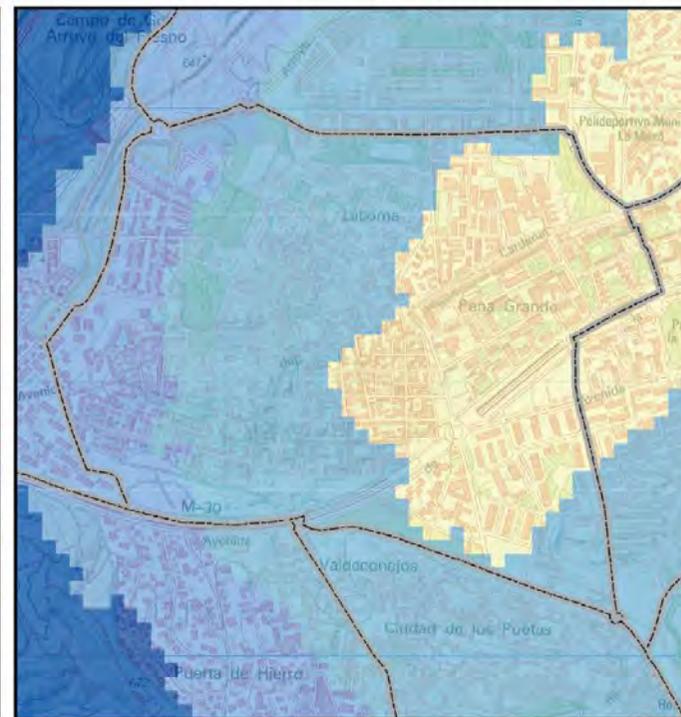
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	53,24
Infraestructuras verdes	20,78
Industria y servicios	21,34
Áreas en proceso de urbanización	4,64

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	16,73
Débil +	45,64
Moderado	37,63

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



250 M.



# 93. PINAR DEL REY

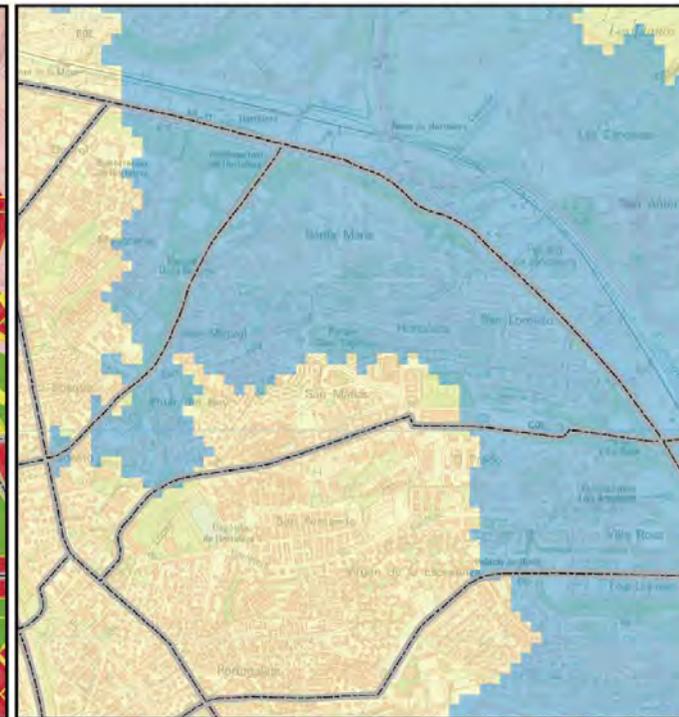
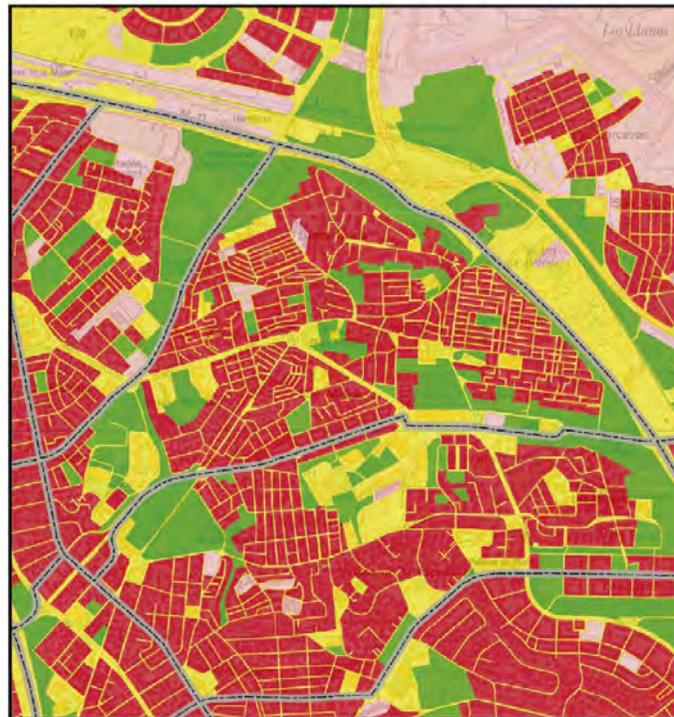


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	52,06
Infraestructuras verdes	21,59
Industria y servicios	25,23
Áreas en proceso de urbanización	1,12

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	74,63
Moderado	25,37

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 94. PIOVERA



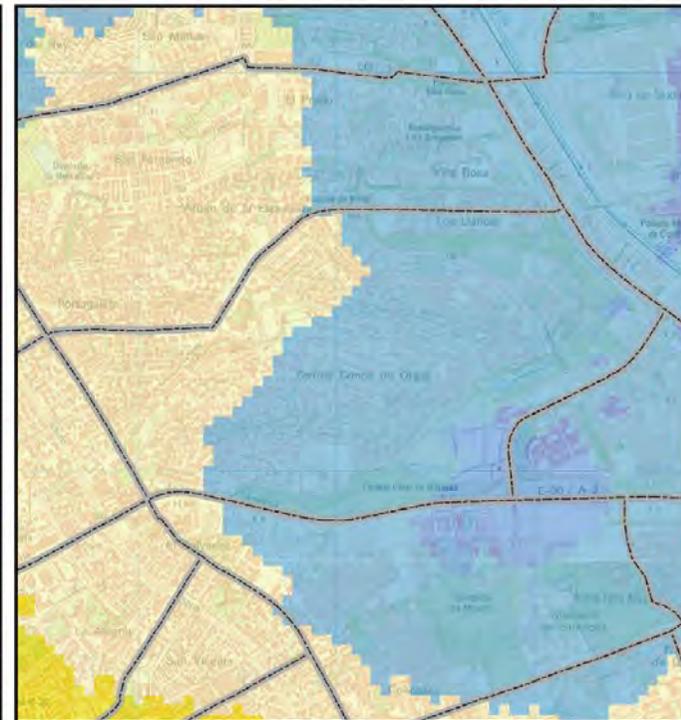
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	55,99
Infraestructuras verdes	27,86
Industria y servicios	15,35
Áreas en proceso de urbanización	0,80

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	4,77
Débil +	67,89
Moderado	27,34

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



250 M.



# 95. PORTAZGO

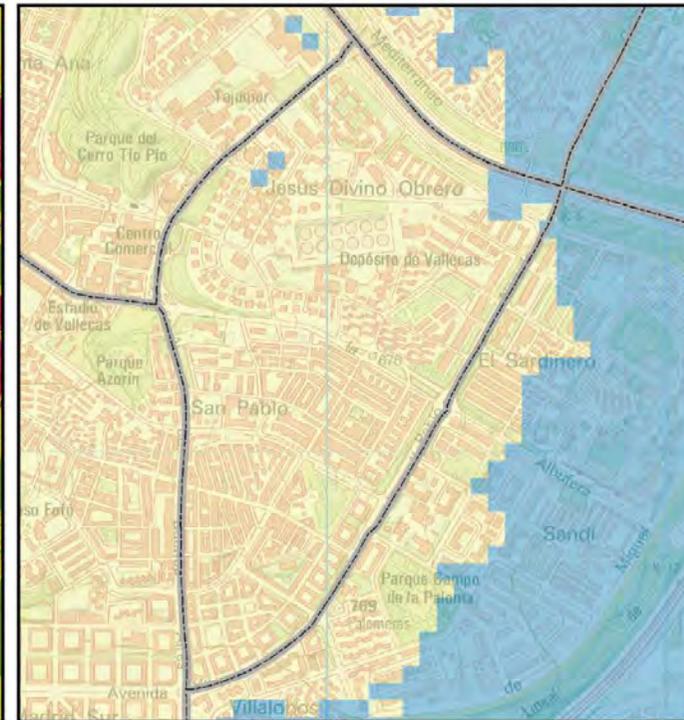


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	55,56
Infraestructuras verdes	9,05
Industria y servicios	35,39

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	1,93
Moderado	98,07

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



# 96. PRADOLONGO

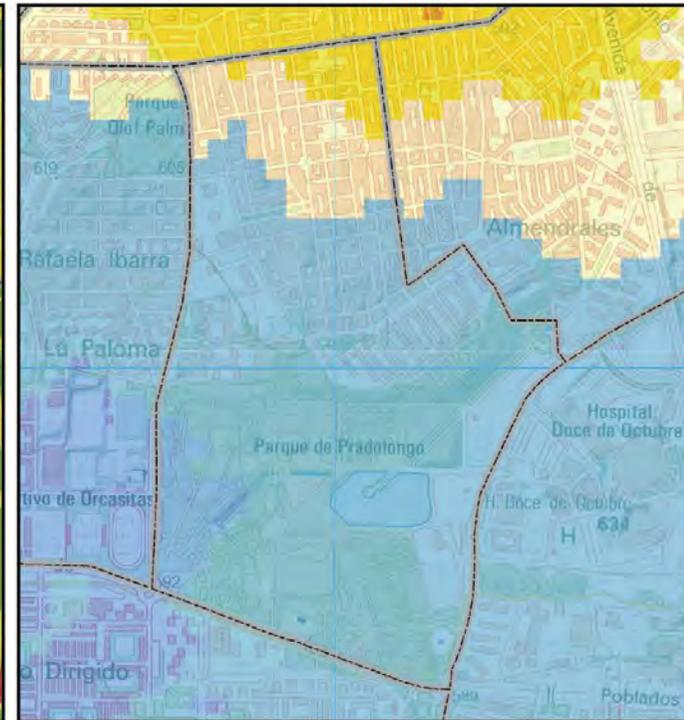


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	28,61
Infraestructuras verdes	55,45
Industria y servicios	15,94

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	5,62
Débil +	79,15
Moderado	11,17
Moderado +	4,06

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 97. PROSPERIDAD

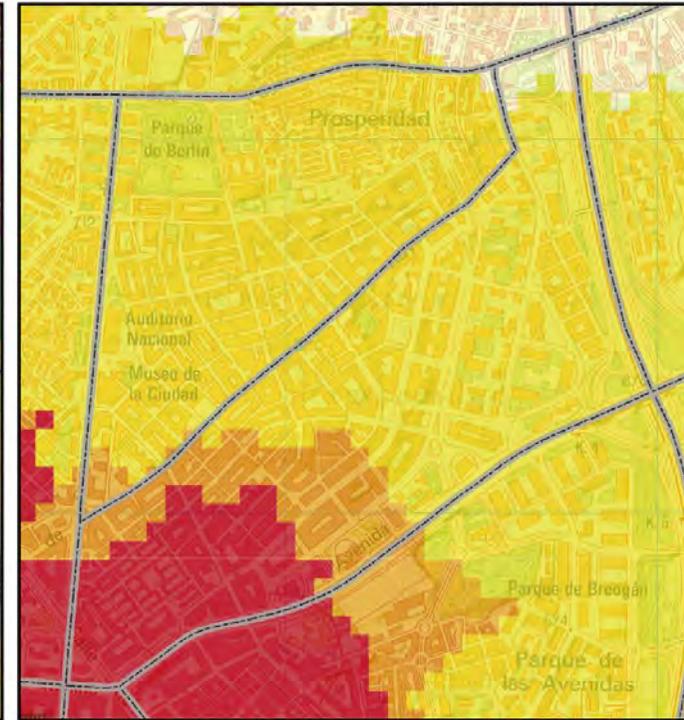
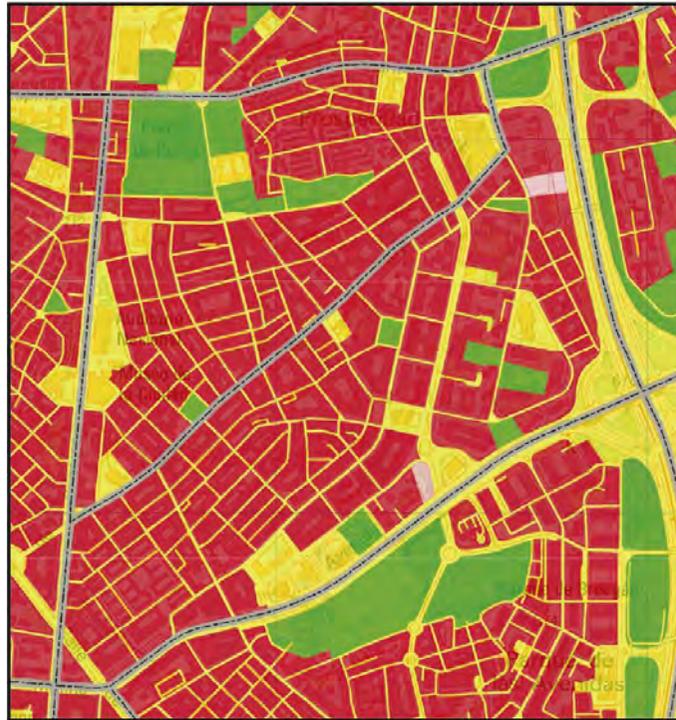


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	65,82
Infraestructuras verdes	4,75
Industria y servicios	28,45
Áreas en proceso de urbanización	0,98

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	2,19
Moderado +	60,25
Fuerte	16,34
Fuerte +	21,22

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 98. PUEBLO NUEVO

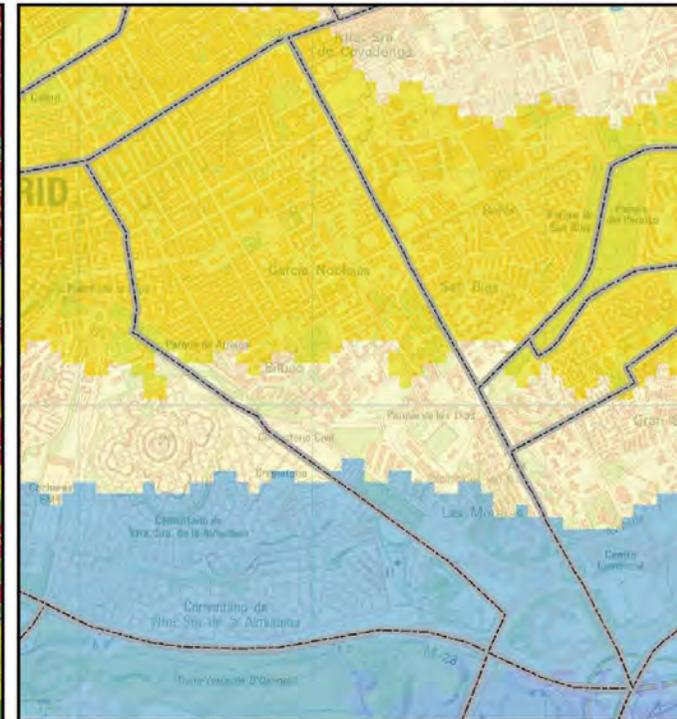


USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	52,48	Débil	0,46
Infraestructuras verdes	15,98	Débil +	18,87
Industria y servicios	29,79	Moderado	24,01
Áreas en proceso de urbanización	1,75	Moderado +	56,66

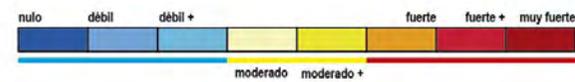
USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



200 M.



# 99. PUERTA BONITA

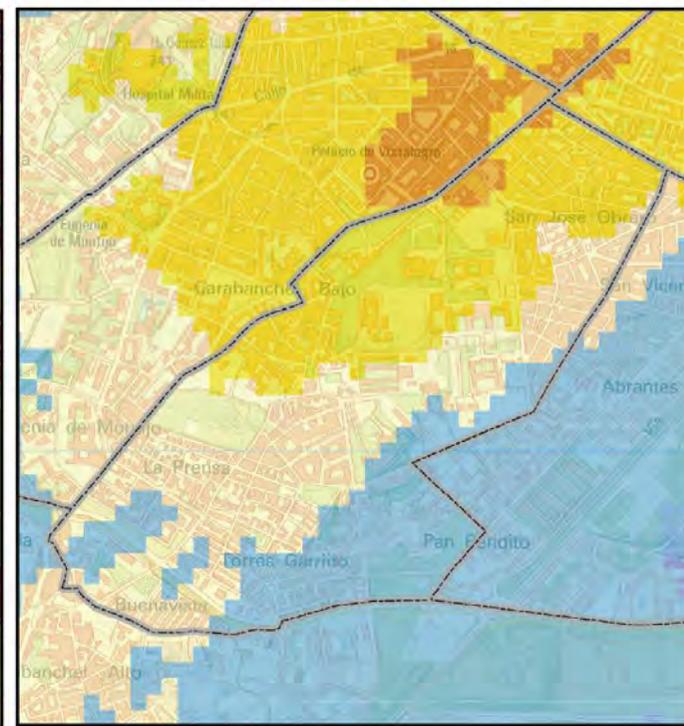


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	44,93
Infraestructuras verdes	14,51
Industria y servicios	40,56

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	23,60
Moderado	42,37
Moderado +	32,45
Fuerte	1,58

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

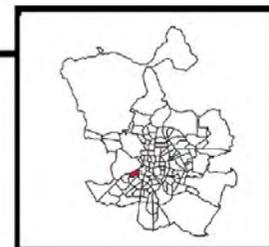
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



Infraestructuras verdes	Áreas urbanas	Áreas en proceso de urbanización
Industrial y vías de comunicación	Aeropuertos	Otras
Permeable	Impermeable (clasificación de superficies)	

nulo	débil	débil +	moderado	moderado +	fuerte	fuerte +	muy fuerte

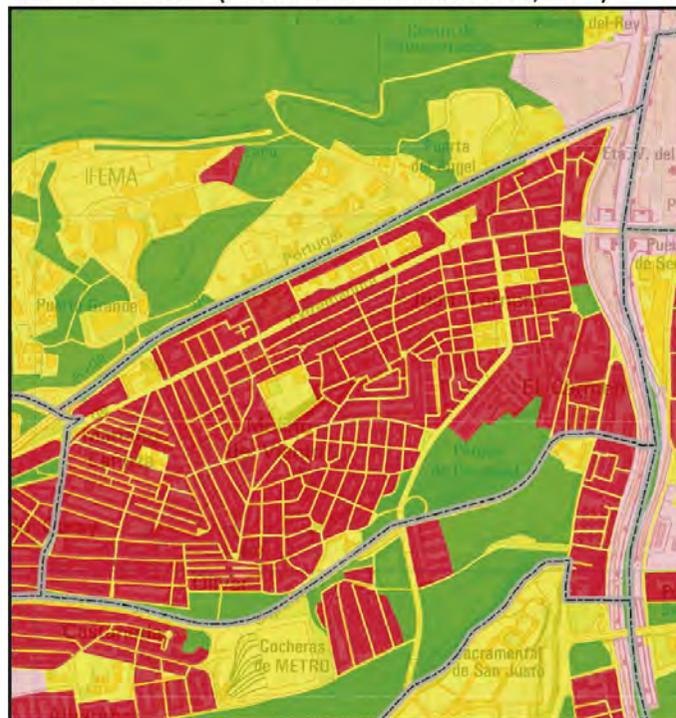
# 100. PUERTA DEL ÁNGEL



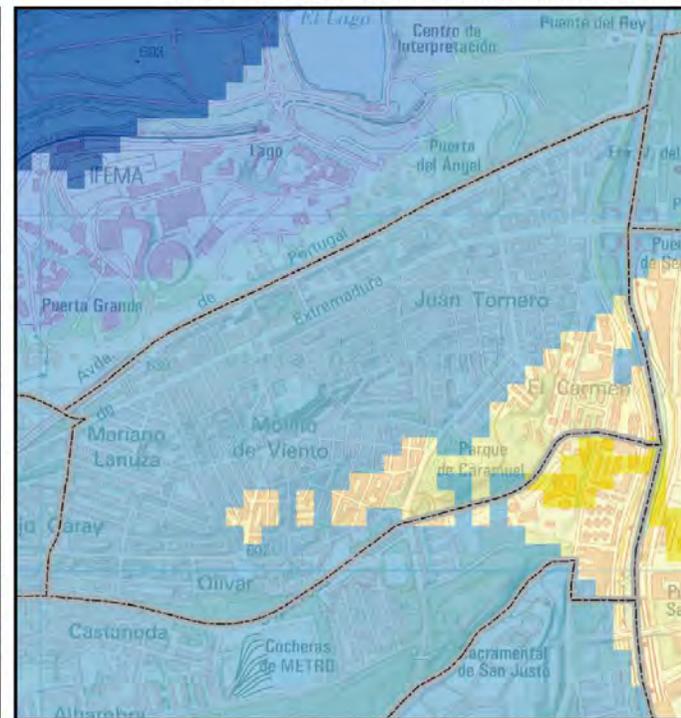
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	62,07
Infraestructuras verdes	9,79
Industria y servicios	22,59
Áreas en proceso de urbanización	5,55

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	84,59
Moderado	15,35
Moderado +	0,06

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



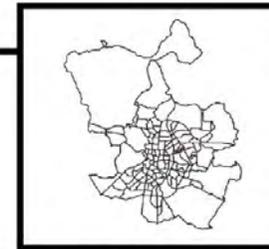
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



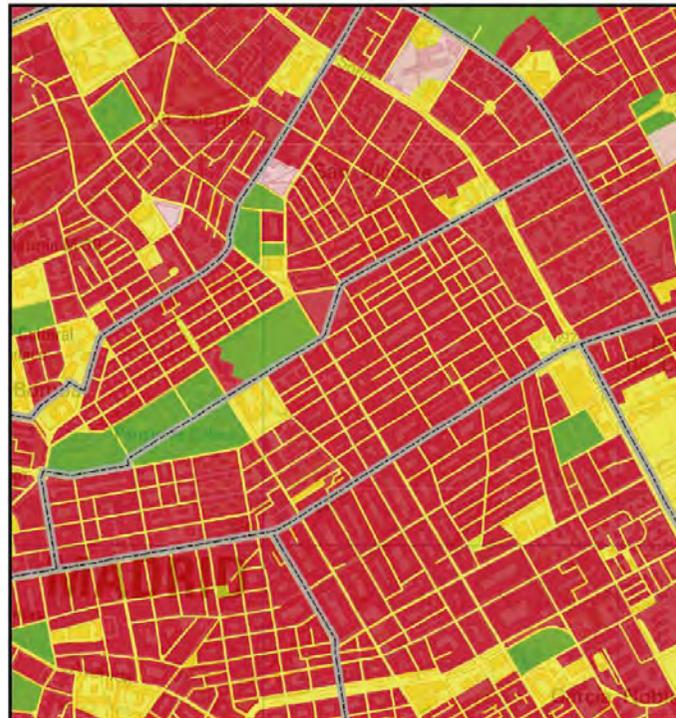
# 101. QUINTANA



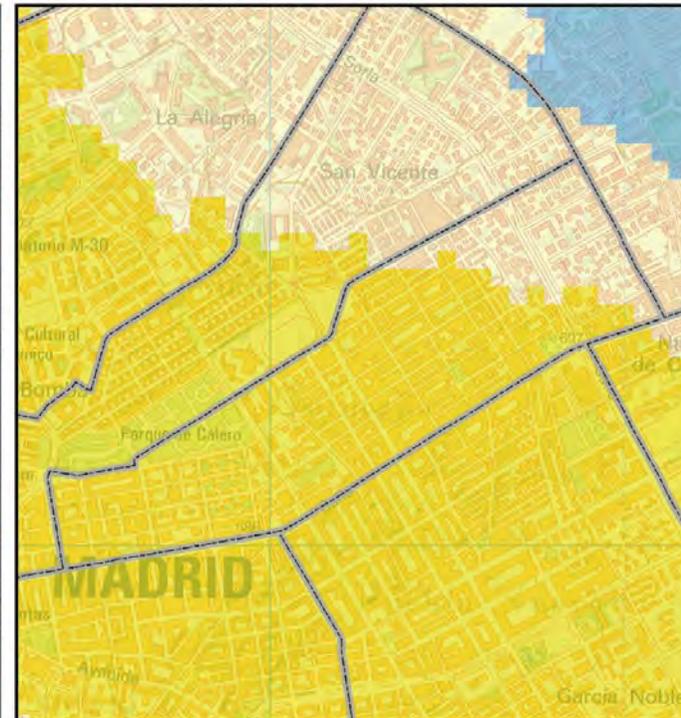
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	76,82
Infraestructuras verdes	3,70
Industria y servicios	19,48

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	20,90
Moderado +	79,10

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 102. RECOLETOS



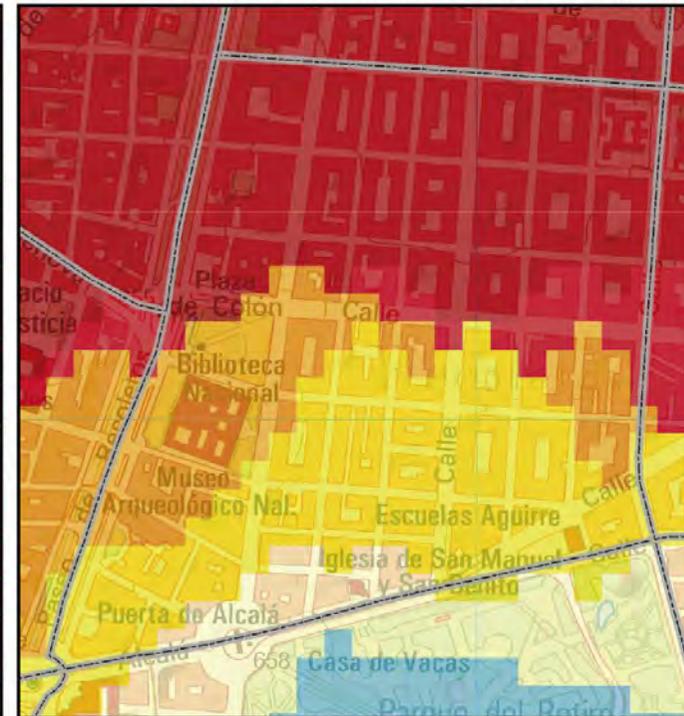
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	68,85
Infraestructuras verdes	2,55
Industria y servicios	28,60

INDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	4,61
Moderado +	32,90
Fuerte	18,63
Fuerte +	5,30
Muy fuerte	38,57

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



75 M.



# 103. REJAS

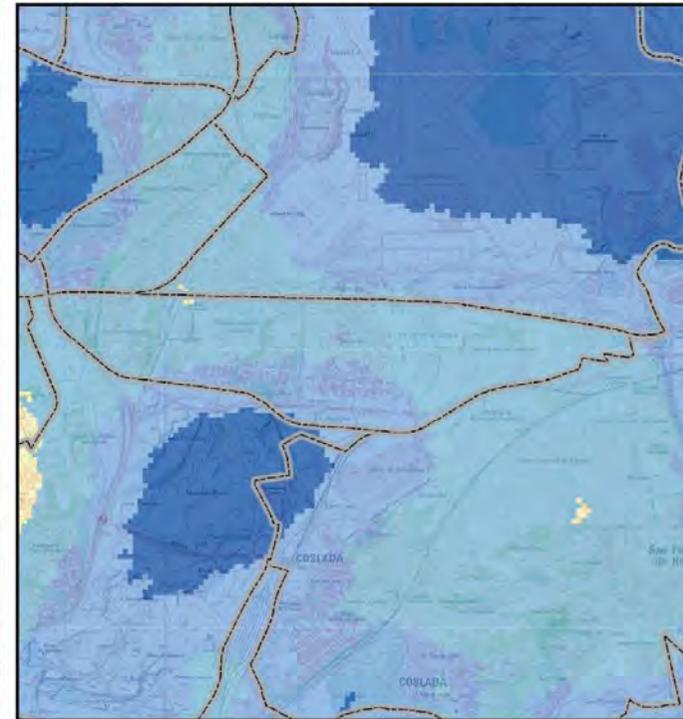
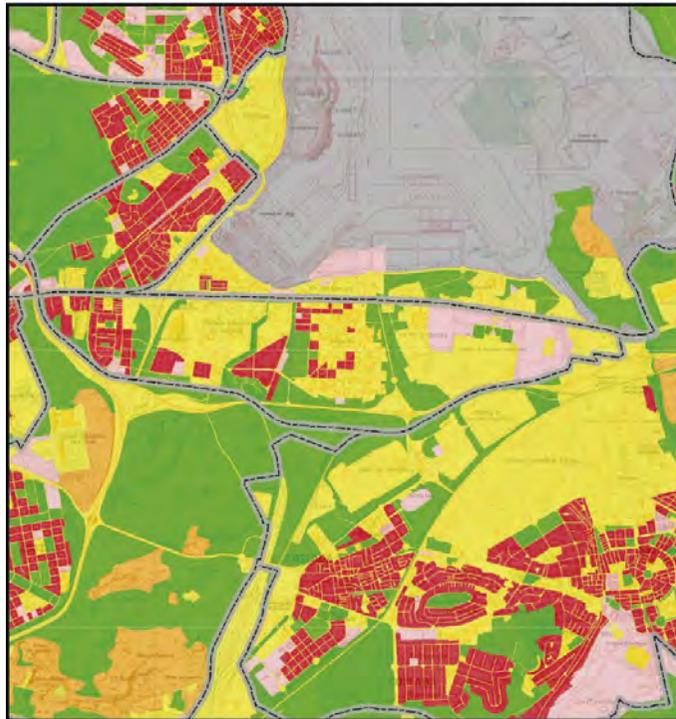
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	12,21
Infraestructuras verdes	23,73
Industria y servicios	53,55
Áreas en proceso de urbanización	10,51

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	0,21
Débil	22,77
Débil +	76,91
Moderado	0,11



USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



450 M.



# 104. RÍOS ROSAS

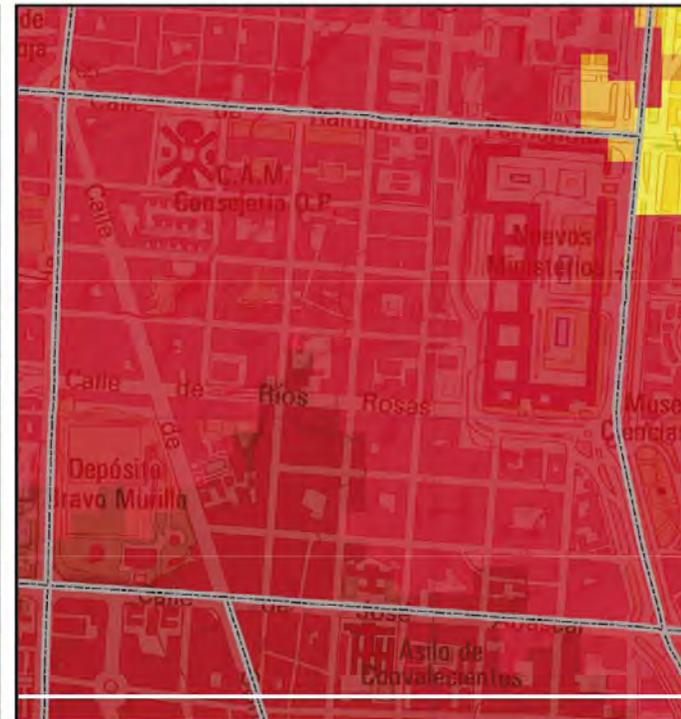
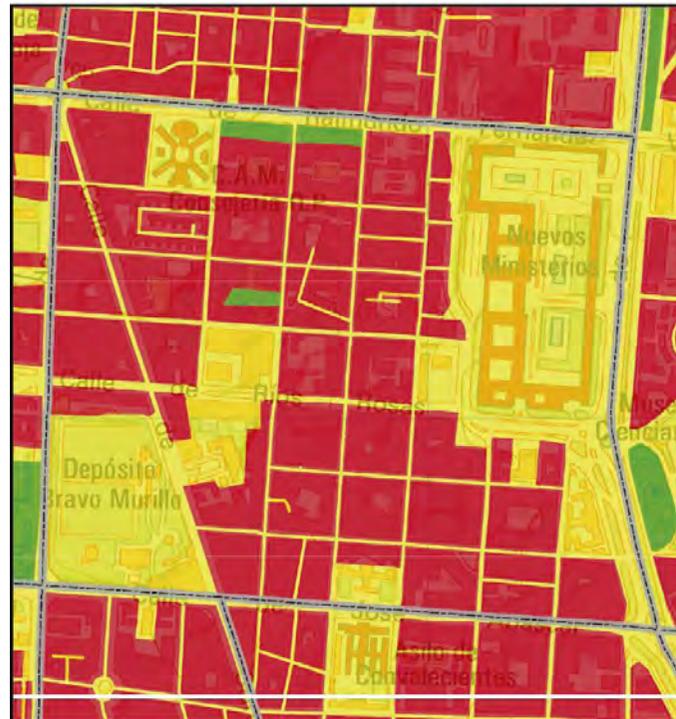


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	8,29
Infraestructuras verdes	53,43
Industria y servicios	17,07
Áreas en proceso de urbanización	1,88
Actividades extractivas	19,33

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado +	0,03
Fuerte	0,23
Fuerte +	83,30
Muy fuerte	16,44

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



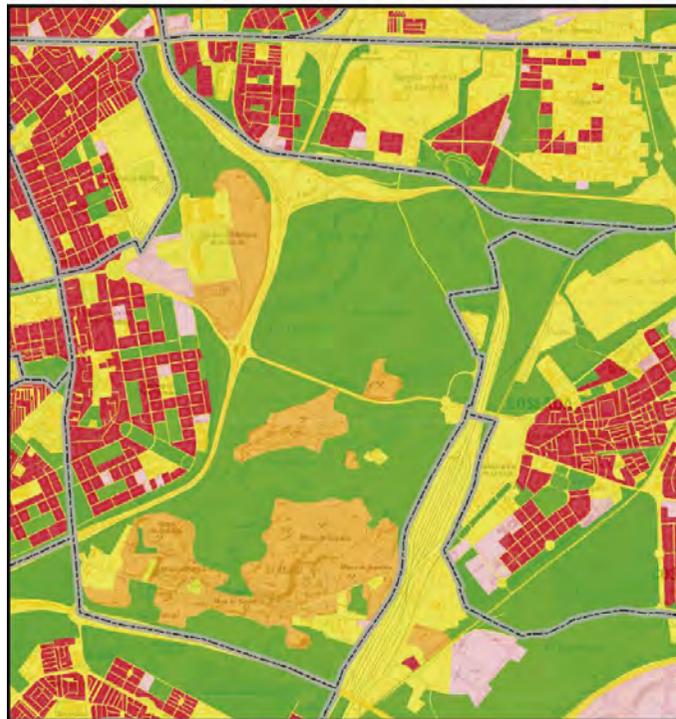
# 105. ROSAS



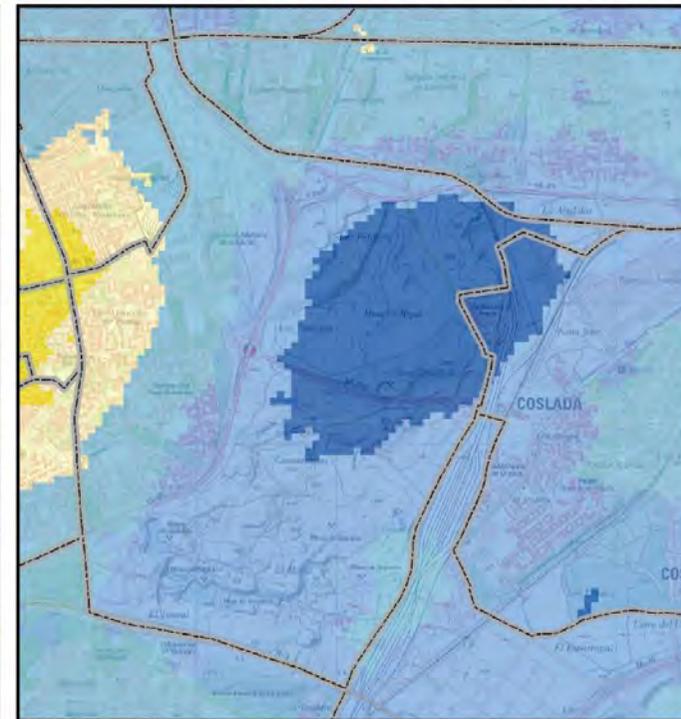
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	29,07
Infraestructuras verdes	22,24
Industria y servicios	48,40
Áreas en proceso de urbanización	0,29

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	67,73
Moderado	32,27

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



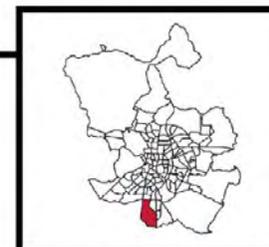
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



300 M.



# 106. SAN ANDRÉS

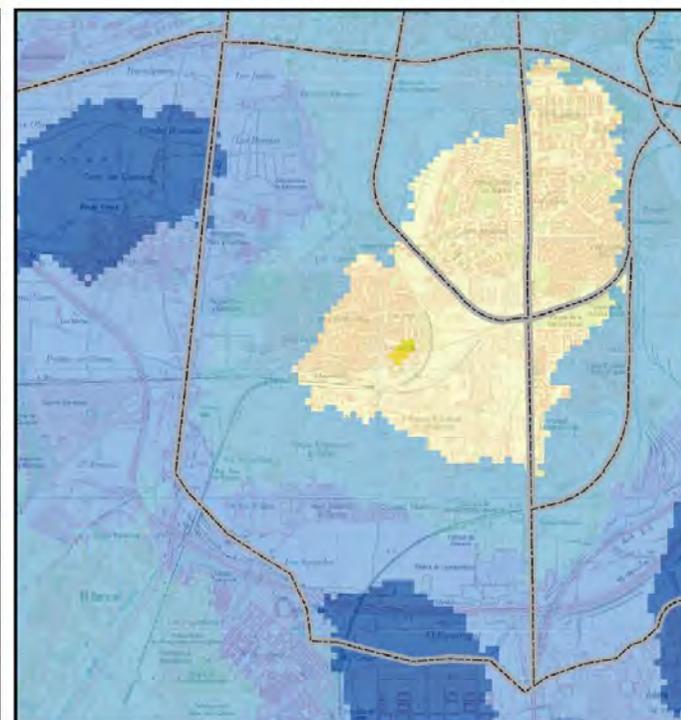
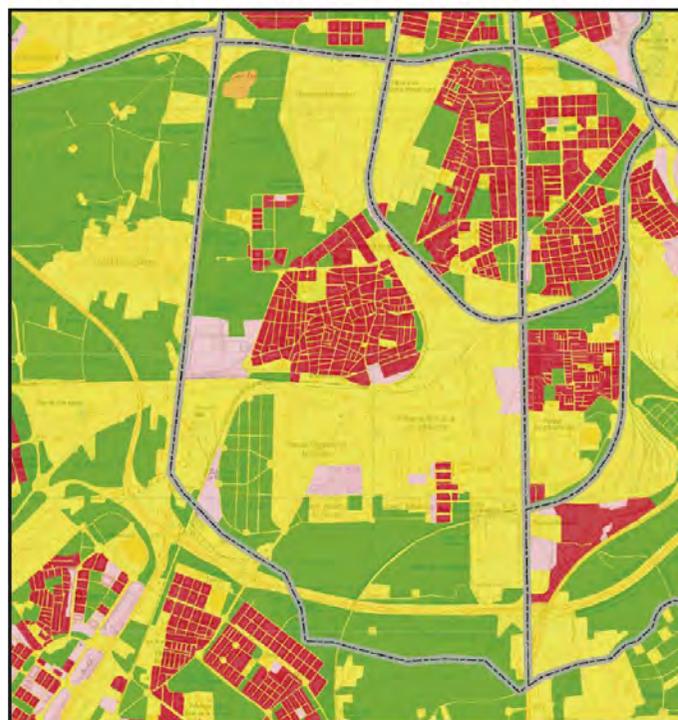


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	10,27
Infraestructuras verdes	33,66
Industria y servicios	50,27
Áreas en proceso de urbanización	5,35
Actividades extractivas	0,45

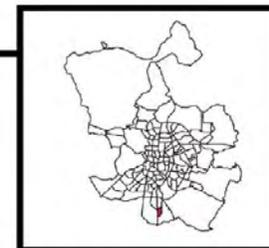
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	6,23
Débil	34,86
Débil +	37,52
Moderado	21,17
Moderado +	0,22

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



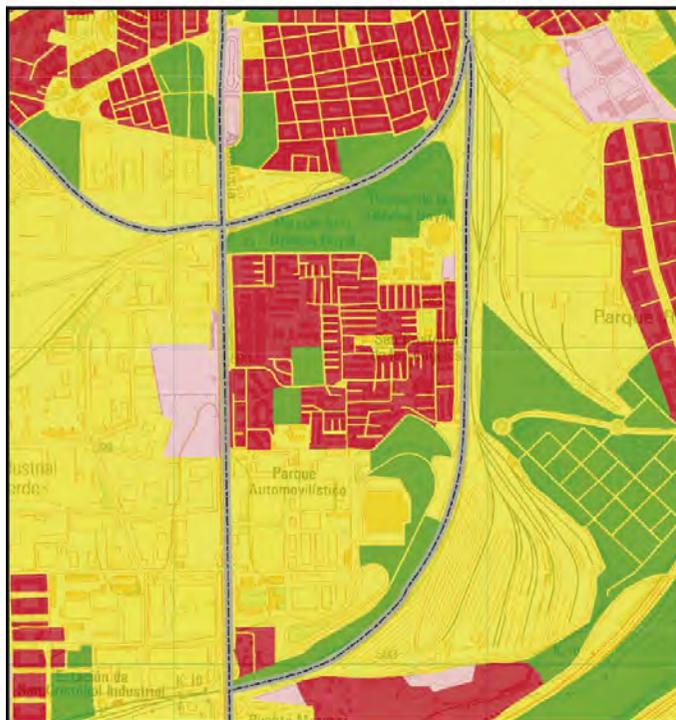
# 107. SAN CRISTÓBAL



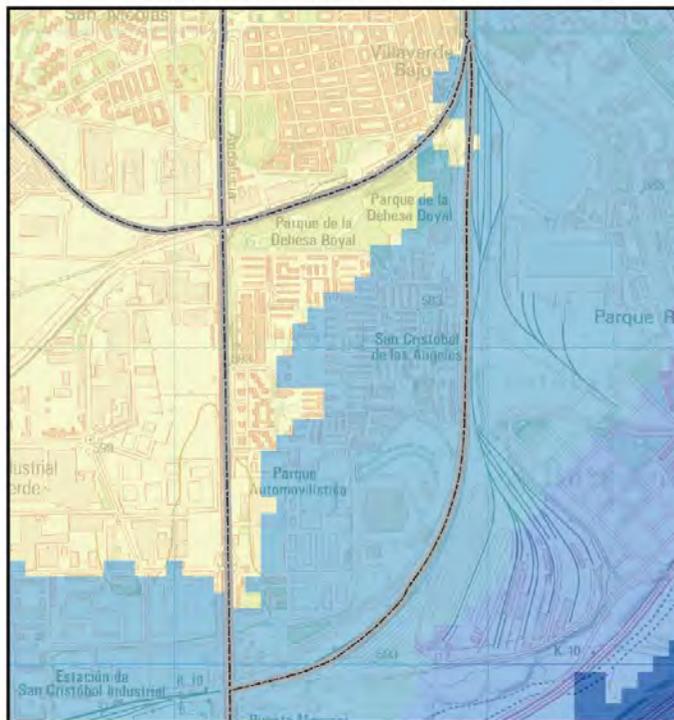
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	29,07
Infraestructuras verdes	22,24
Industria y servicios	48,40
Áreas en proceso de urbanización	0,29

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	67,73
Moderado	32,27

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 108. SAN DIEGO

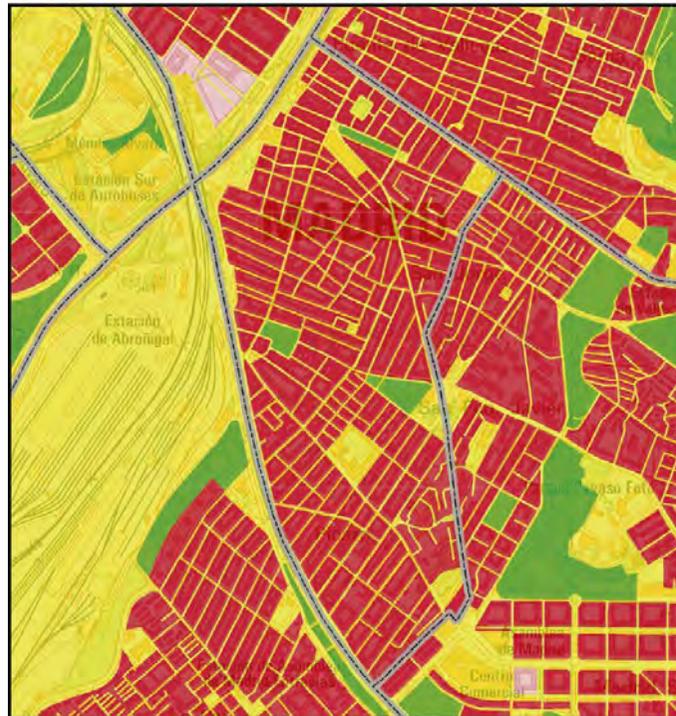


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	68,84
Infraestructuras verdes	2,15
Industria y servicios	29,01

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	21,40
Moderado +	78,28
Fuerte	0,32

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



150 M.



# 109. SAN FERMÍN

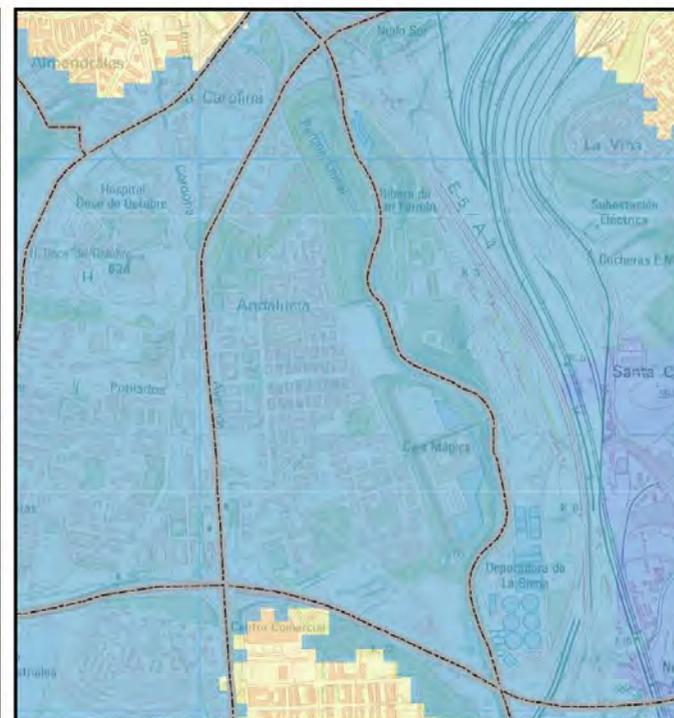
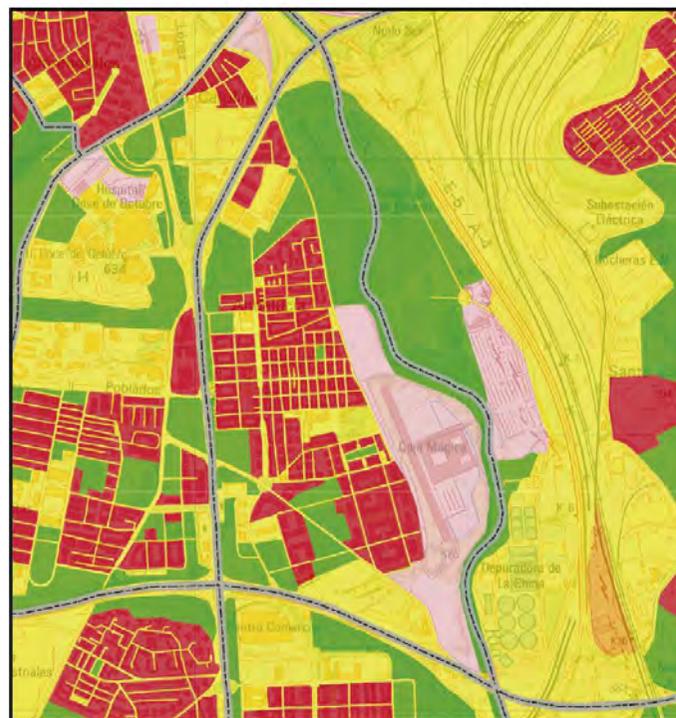


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	27,59
Infraestructuras verdes	27,68
Industria y servicios	25,32
Áreas en proceso de urbanización	19,41

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	100,00

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



175 M.



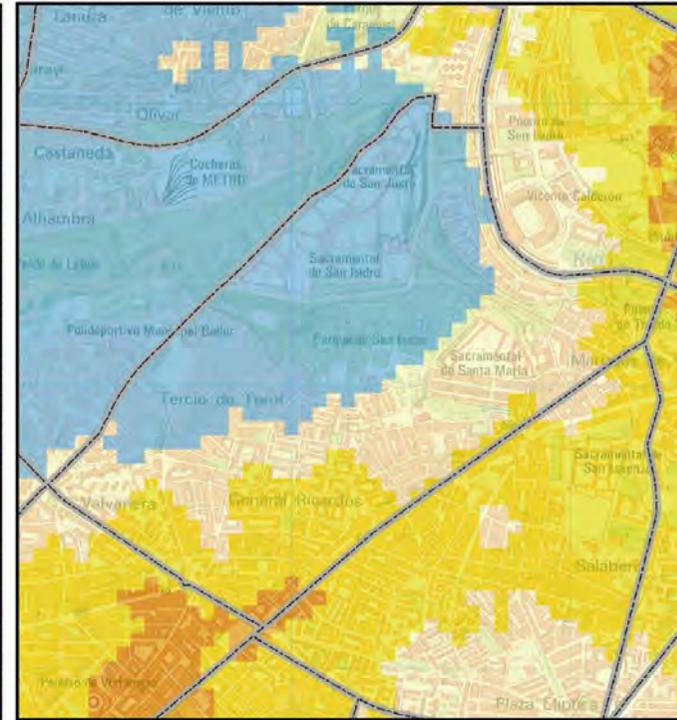
# 110. SAN ISIDRO



USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	39,58	Débil +	44,97
Infraestructuras verdes	20,32	Moderado	33,51
Industria y servicios	37,04	Moderado +	20,62
Áreas en proceso de urbanización	3,08	Fuerte	0,90

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



176 M.



# 111. SAN JUAN BAUTISTA

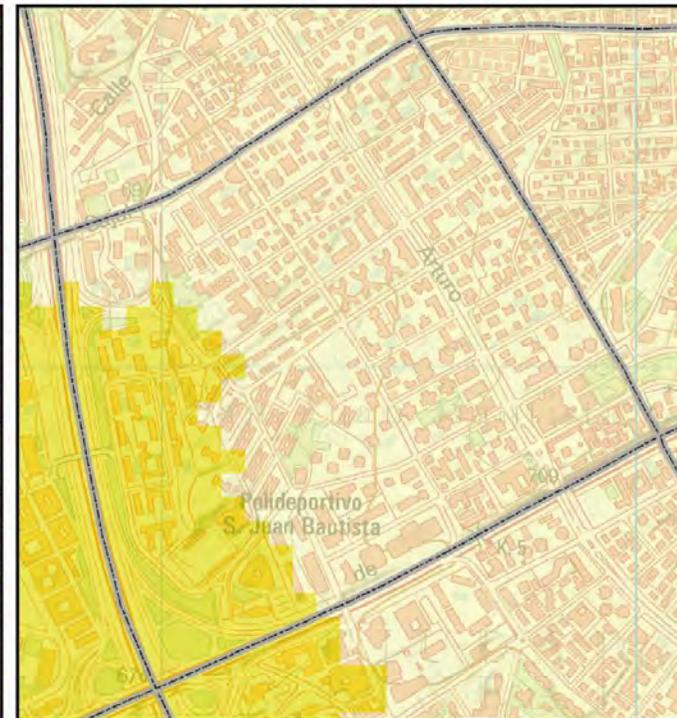


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	60,52
Infraestructuras verdes	9,02
Industria y servicios	28,96
Áreas en proceso de urbanización	1,50

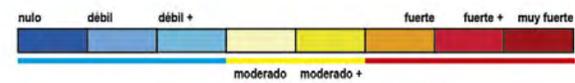
ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	75,87
Moderado +	24,13

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



100 M.



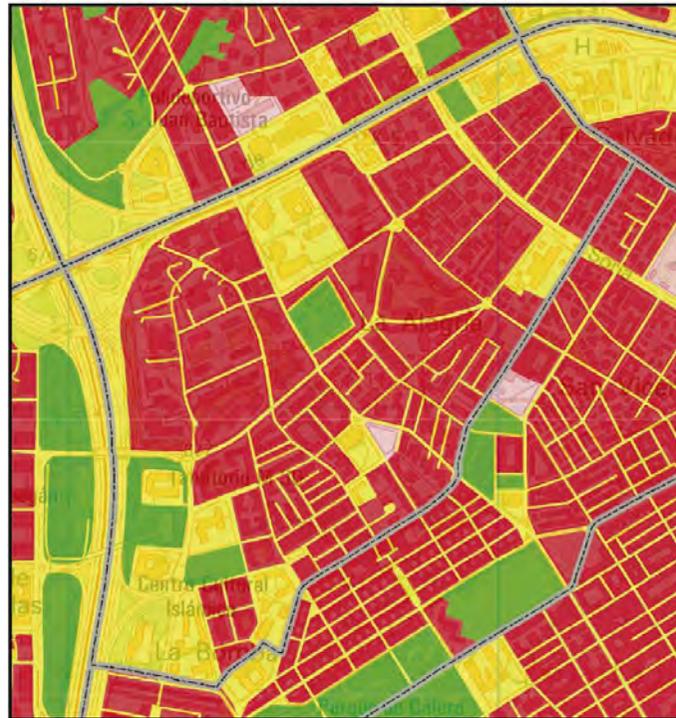
# 112. SAN PASCUAL



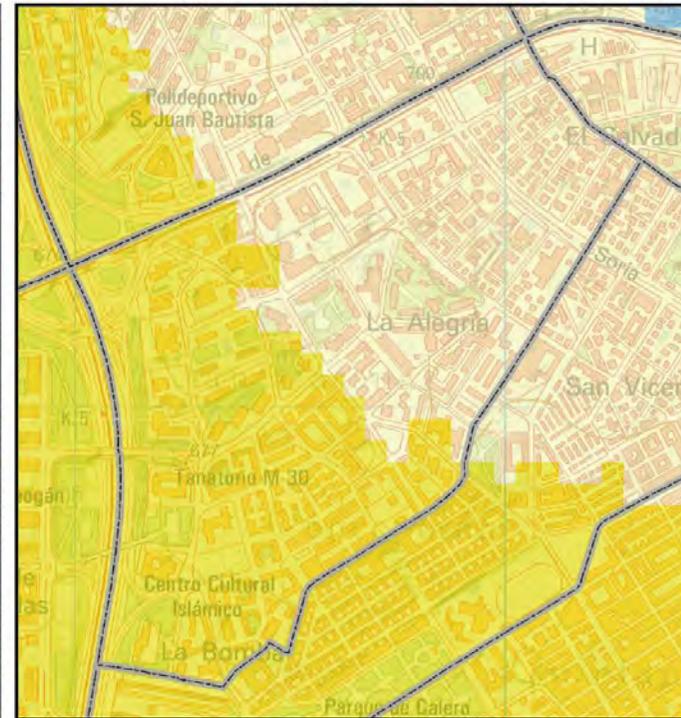
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	59,35
Infraestructuras verdes	4,78
Industria y servicios	35,51
Áreas en proceso de urbanización	0,36

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado	47,99
Moderado +	52,01

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



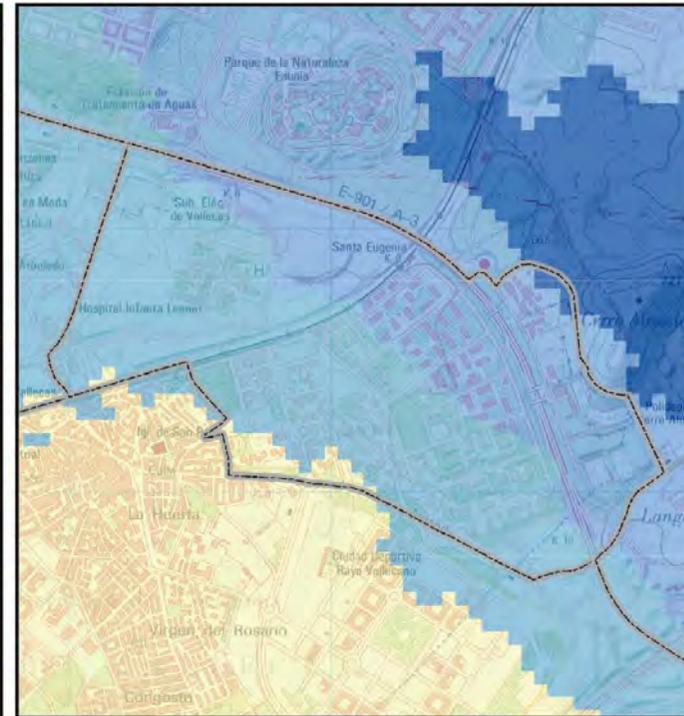
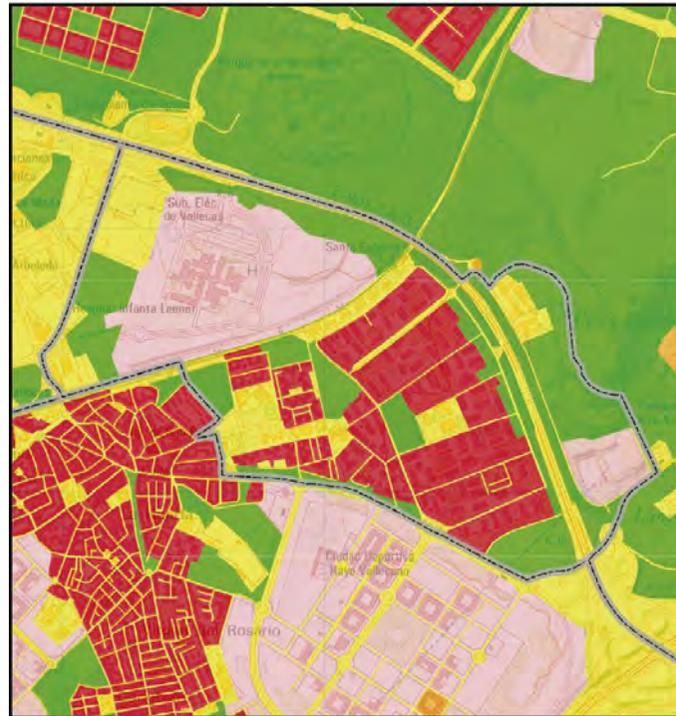
# 113. SANTA EUGENIA



USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	25,46	Nulo	0,58
Infraestructuras verdes	27,19	Débil	37,23
Industria y servicios	23,56	Débil +	58,81
Áreas en proceso de urbanización	23,79	Moderado	3,37

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



200 M.



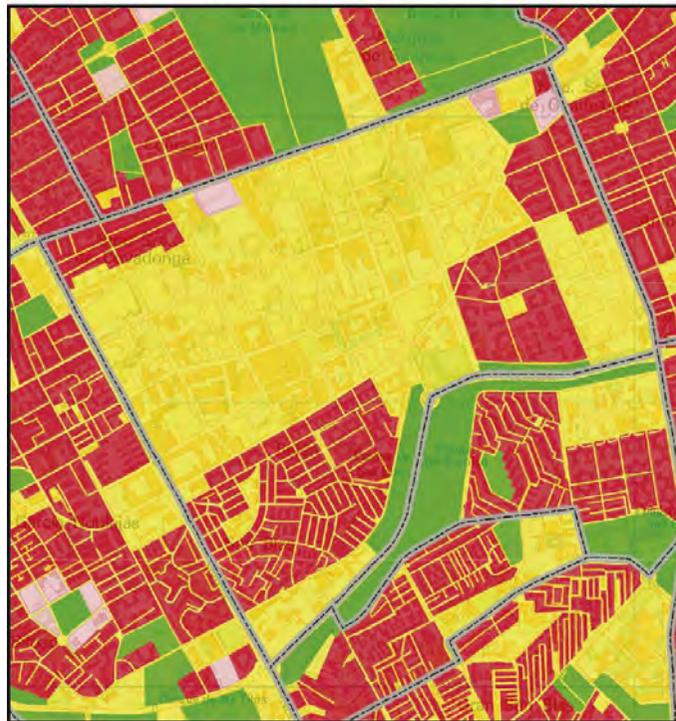
# 114. SIMANCAS



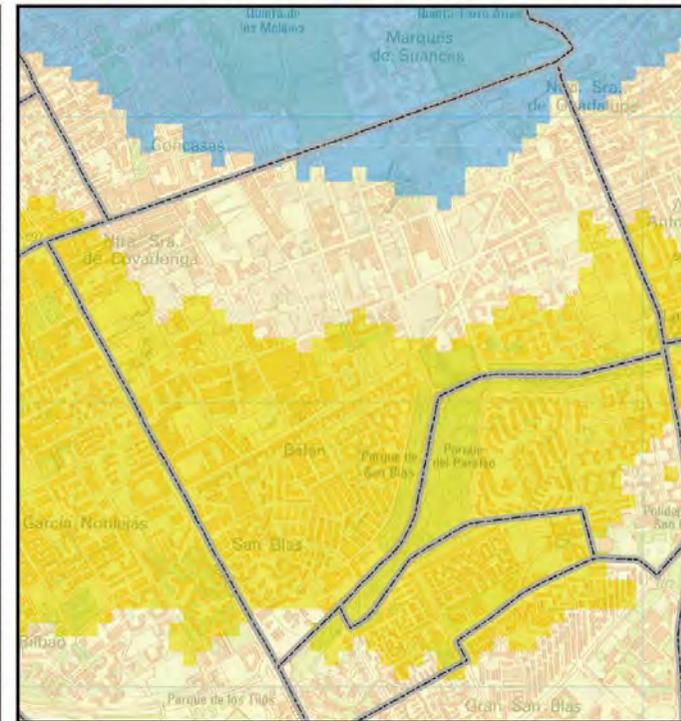
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	24,46
Infraestructuras verdes	2,77
Industria y servicios	71,31
Áreas en proceso de urbanización	1,46

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	9,07
Moderado	39,41
Moderado +	51,52

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



175 M.



# 115. SOL

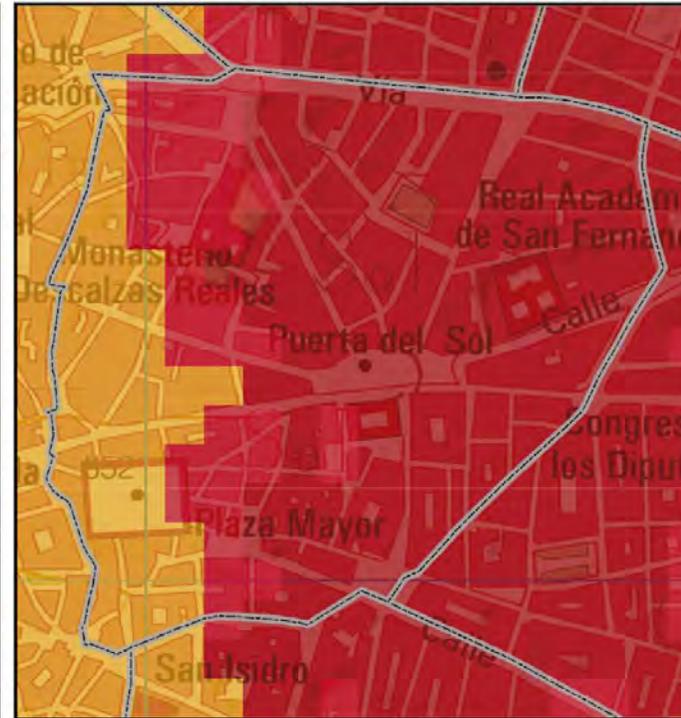


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	61,41
Infraestructuras verdes	0,68
Industria y servicios	37,91

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Fuerte	20,64
Fuerte +	17,99
Muy fuerte	61,37

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

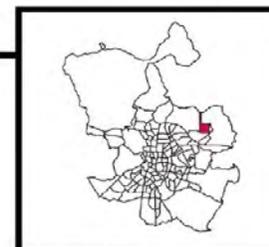
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



50 M.



# 116. TIMÓN

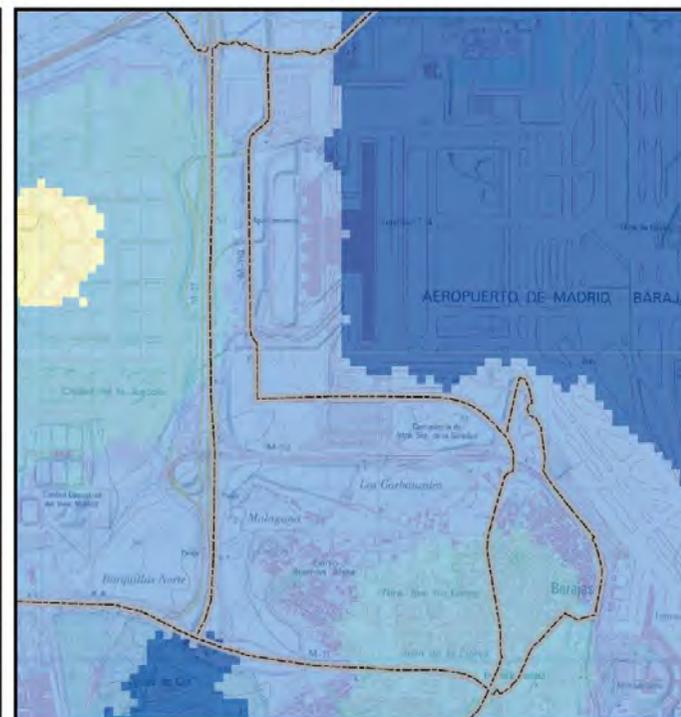
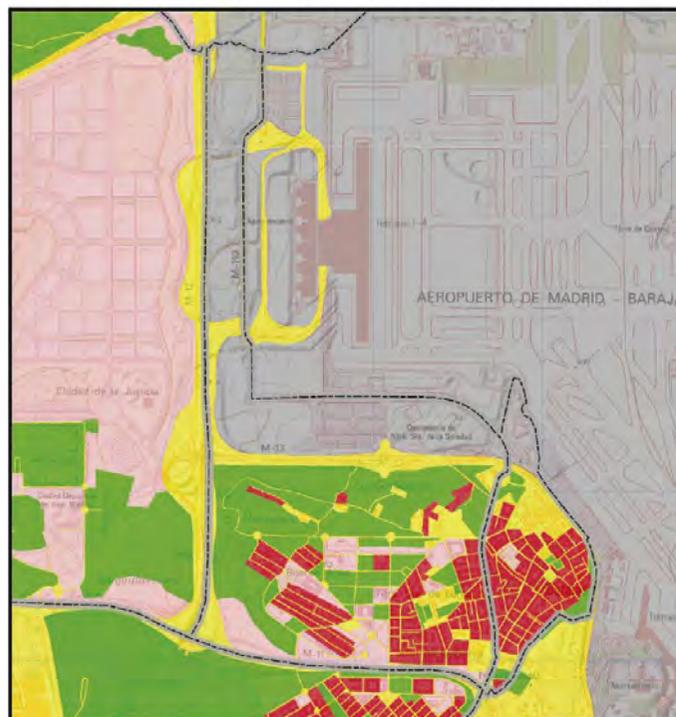


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	12,25
Infraestructuras verdes	46,84
Industria y servicios	30,72
Áreas en proceso de urbanización	10,19

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	0,23
Débil	75,75
Débil +	24,02

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



- Infraestructuras verdes
- Áreas urbanas
- Áreas en proceso de urbanización
- Industrial y vías de comunicación
- Aeropuertos
- Otras
- Permeable
- Impermeable (clasificación de superficies)



# 117. TRAFALGAR

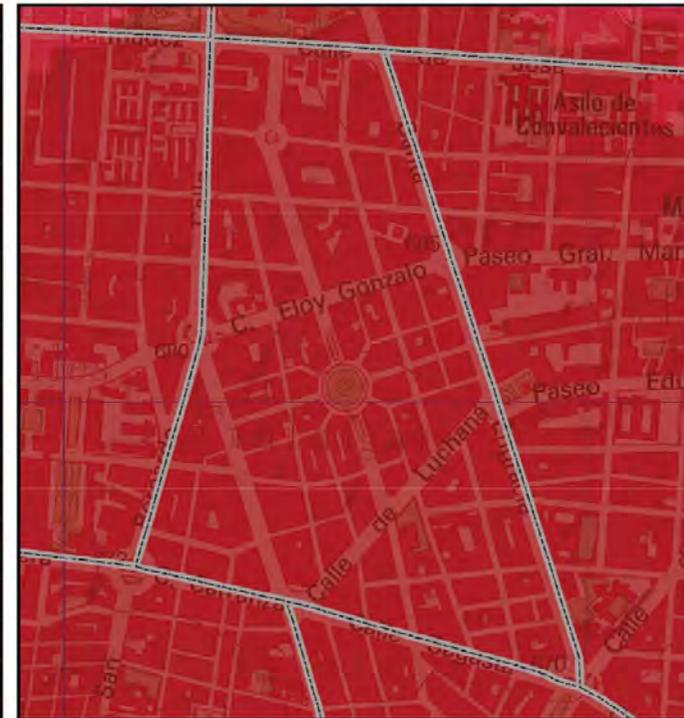
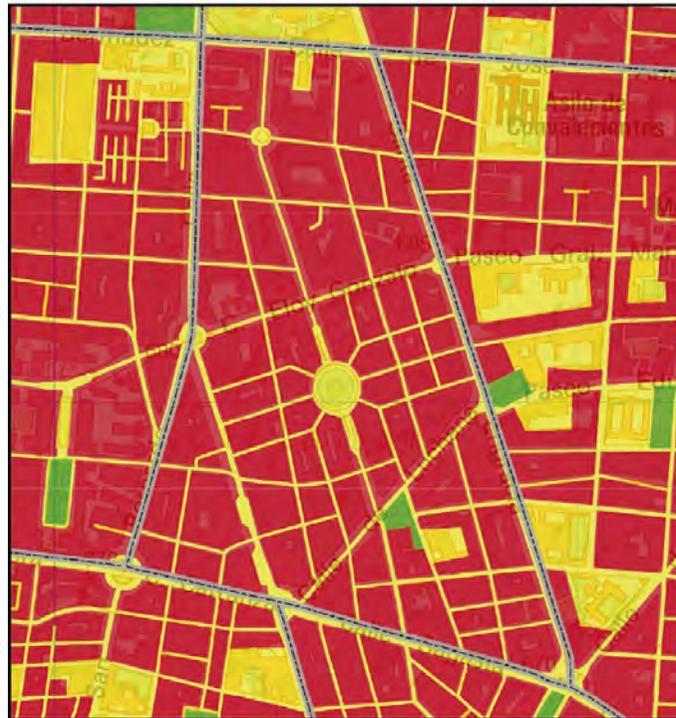


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	81,65
Infraestructuras verdes	0,58
Industria y servicios	17,77

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Muy Fuerte	100,00

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 118. UNIVERSIDAD

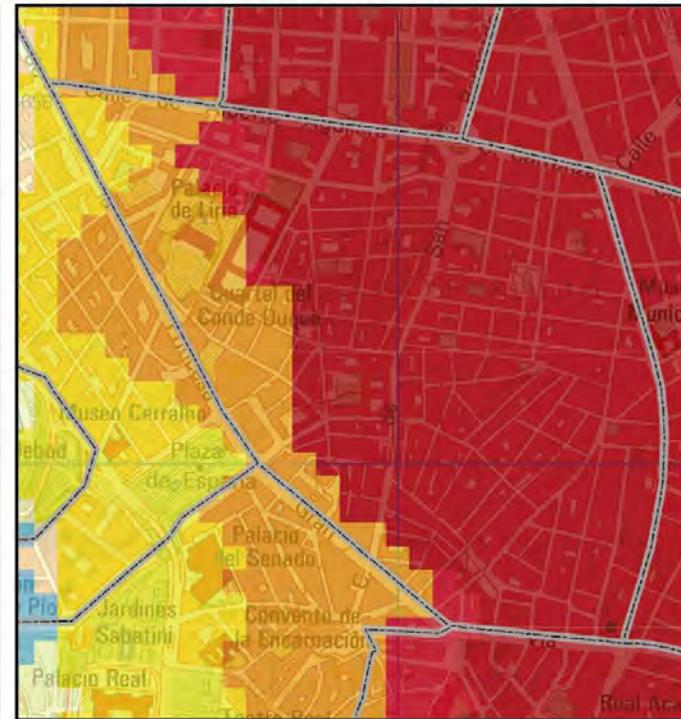


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	59,62
Infraestructuras verdes	0,64
Industria y servicios	39,74

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Moderado +	1,93
Fuerte	18,63
Fuerte +	3,82
Muy fuerte	75,62

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



100 M.



# 119. VALDEACEDERAS

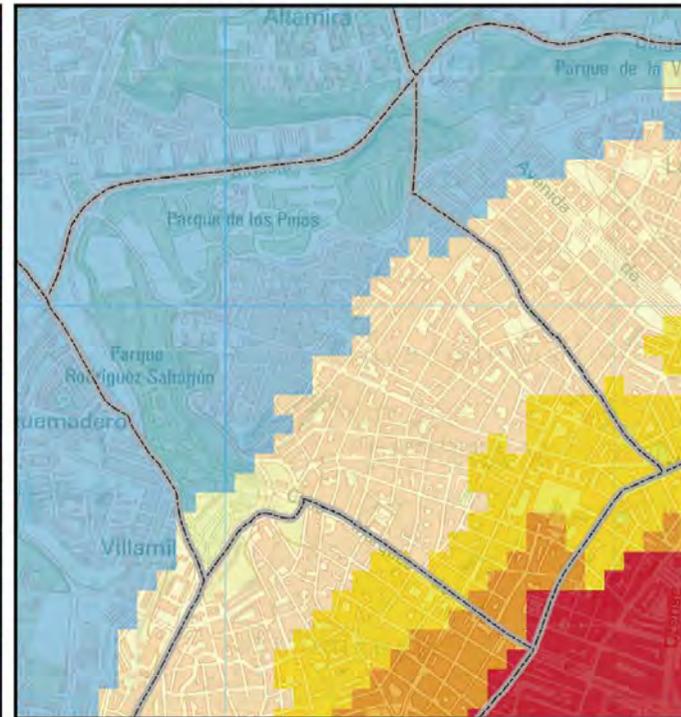
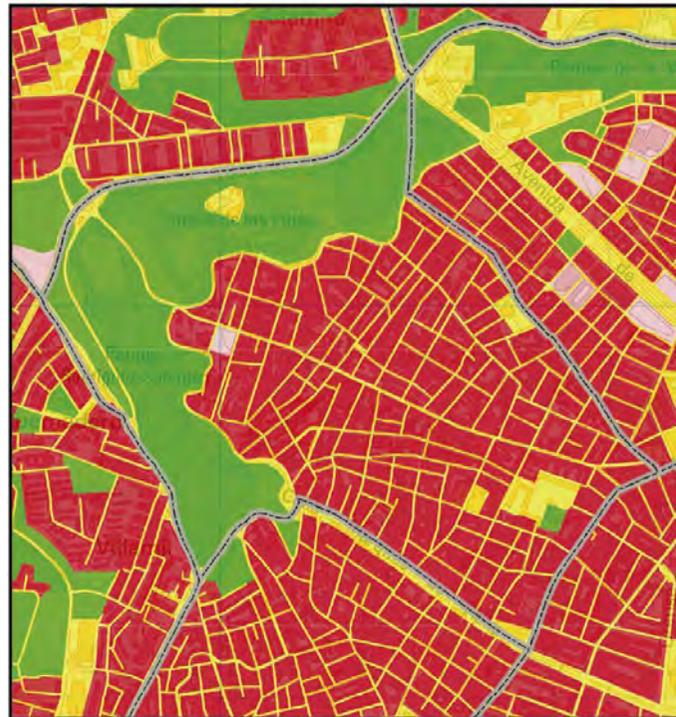


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	50,08
Infraestructuras verdes	31,83
Industria y servicios	17,80
Áreas en proceso de urbanización	0,29

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	47,95
Moderado	35,55
Moderado +	12,41
Fuerte	3,63
Fuerte +	0,46

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

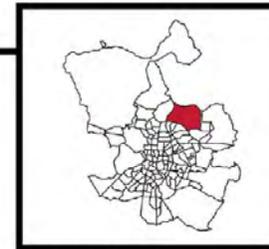
ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



125 M.



# 120. VALDEFUENTES

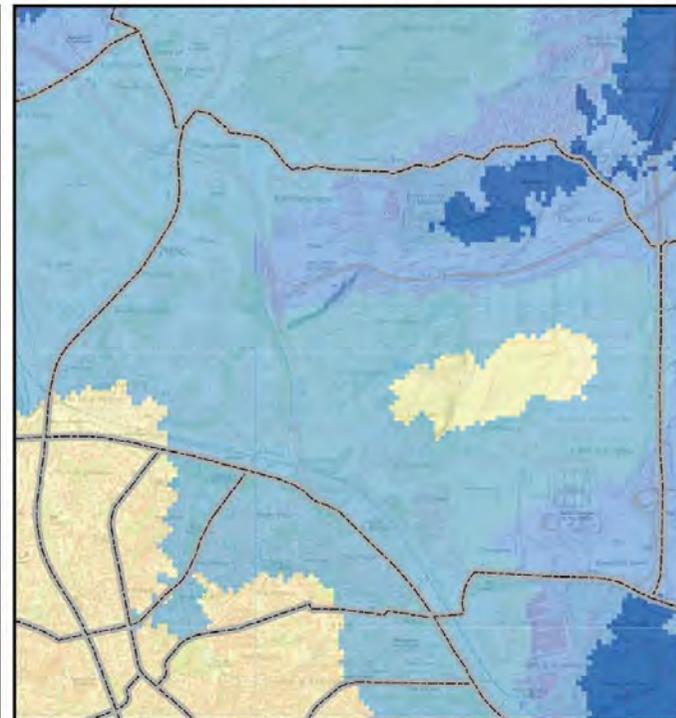
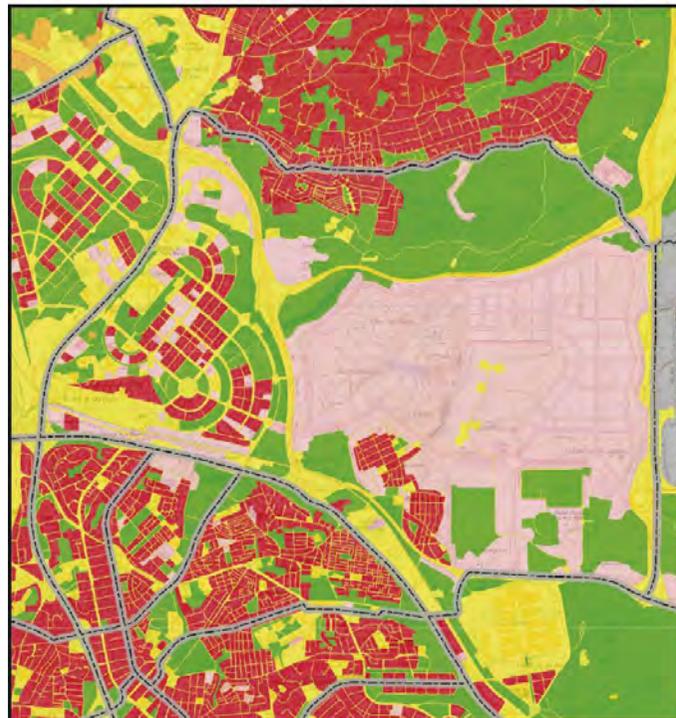


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	9,09
Infraestructuras verdes	29,21
Industria y servicios	18,39
Áreas en proceso de urbanización	43,29
Actividades extractivas	0,02

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	3,52
Débil	25,17
Débil + Moderado	62,37
Moderado	8,94

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



500 M.



# 121. VALDEMARÍN



USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	42,96
Infraestructuras verdes	29,3
Industria y servicios	22,05
Áreas en proceso de urbanización	5,69

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Nulo	12,17
Débil	54,75
Débil +	33,08

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



250 M.



# 122. VALDEZARZA

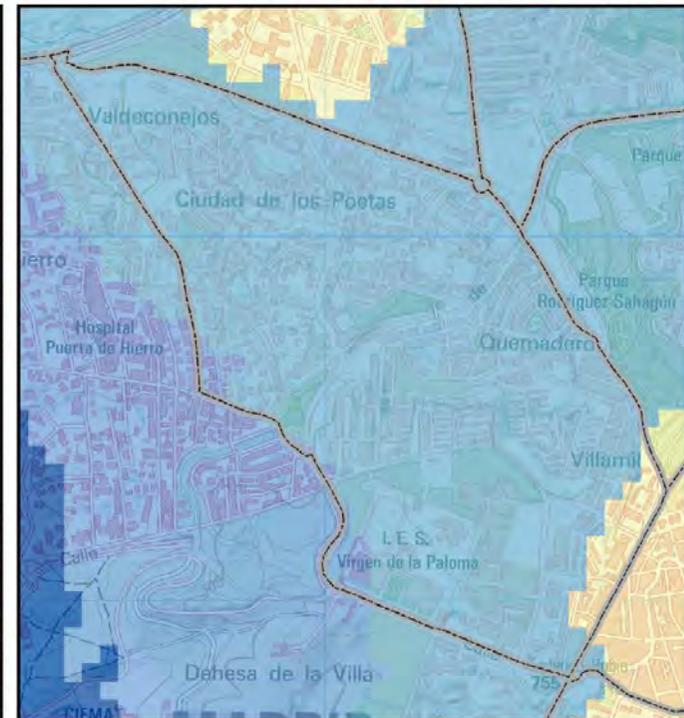
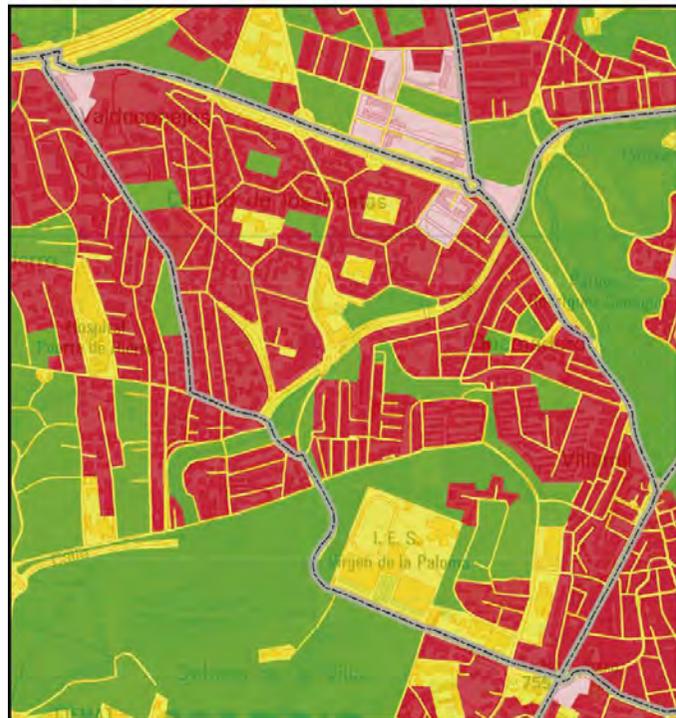


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	55,79
Infraestructuras verdes	16,01
Industria y servicios	26,38
Áreas en proceso de urbanización	1,82

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	2,73
Débil +	93,62
Moderado	3,65

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 123. VALLEHERMOSO

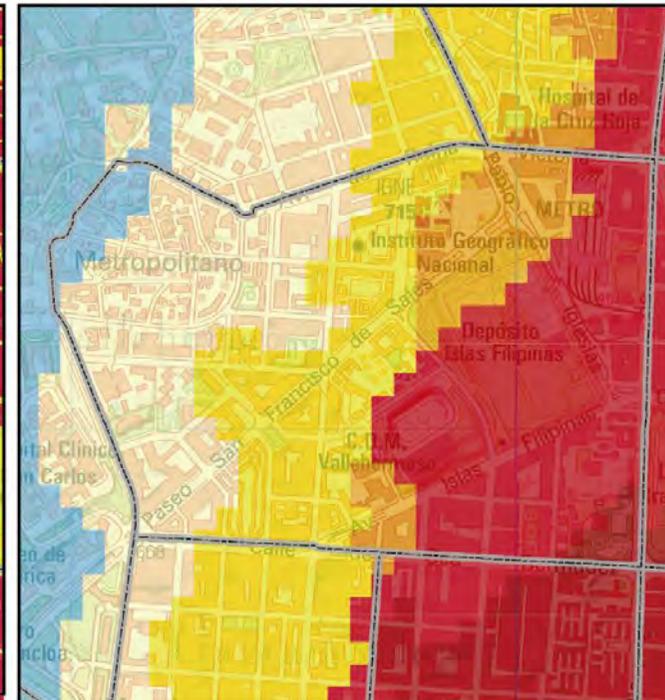
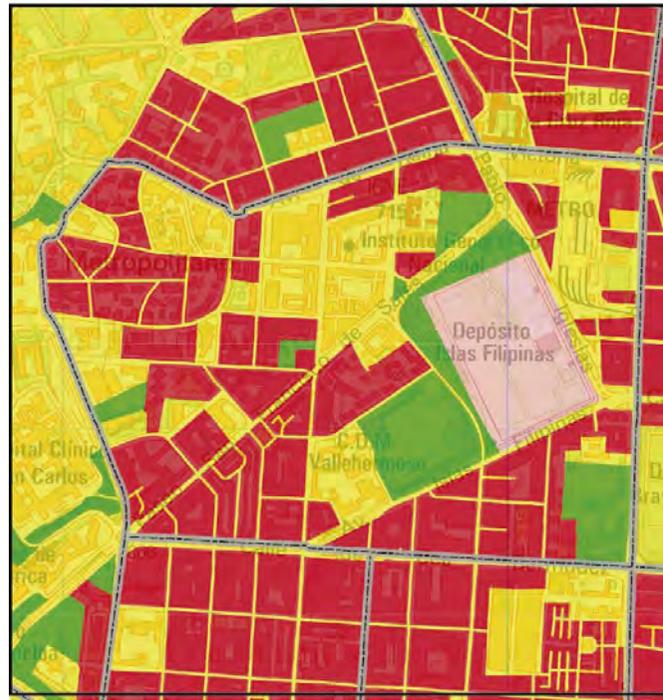


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	40,59
Infraestructuras verdes	12,31
Industria y servicios	37,85
Áreas en proceso de urbanización	9,25

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	3,12
Moderado	26,37
Moderado +	23,70
Fuerte	11,64
Fuerte +	33,32
Muy fuerte	1,85

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 124. VALVERDE

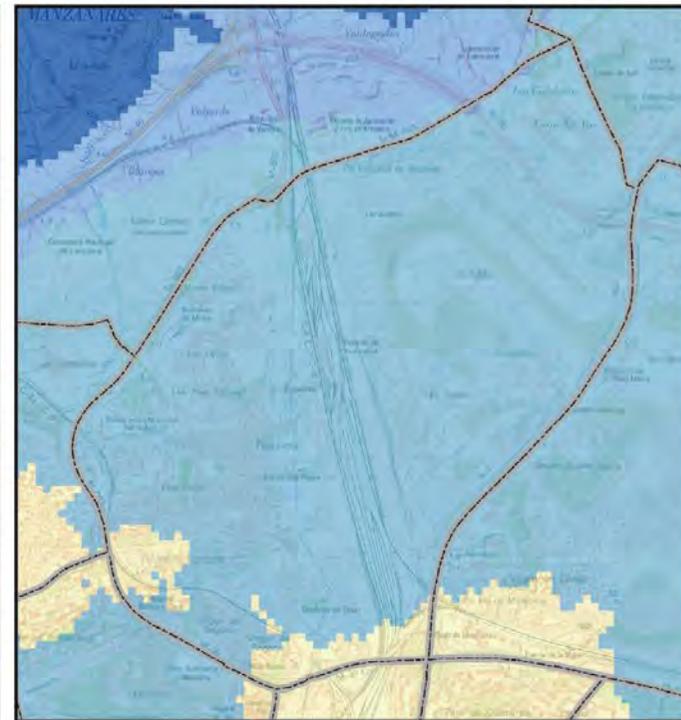


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	20,88
Infraestructuras verdes	28,76
Industria y servicios	44,68
Áreas en proceso de urbanización	5,34
Actividades extractivas	0,34

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	0,26
Débil +	94,33
Moderado	5,41

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



300 M.



# 125. VENTAS

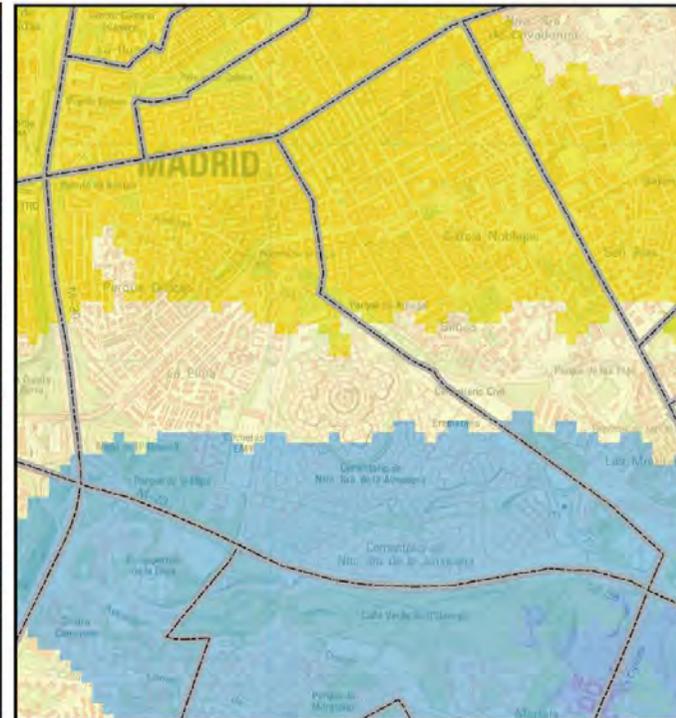
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	15,69
Infraestructuras verdes	11,95
Industria y servicios	57,95
Áreas en proceso de urbanización	14,41

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	42,27
Moderado	30,90
Moderado +	26,83

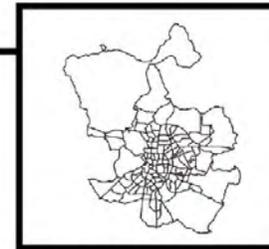


USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# 126. VINATEROS



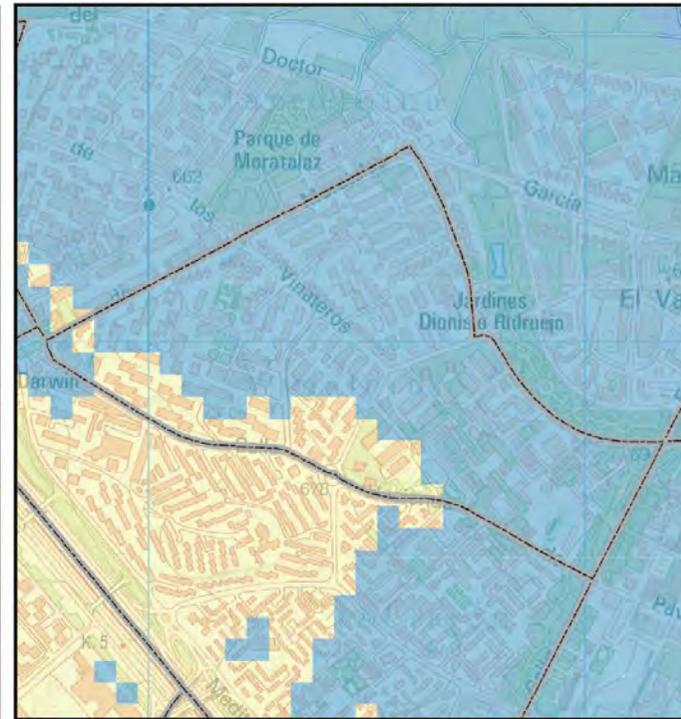
USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	74,87
Infraestructuras verdes	7,60
Industria y servicios	17,53

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil +	83,95
Moderado	16,05

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)



ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



100 M.



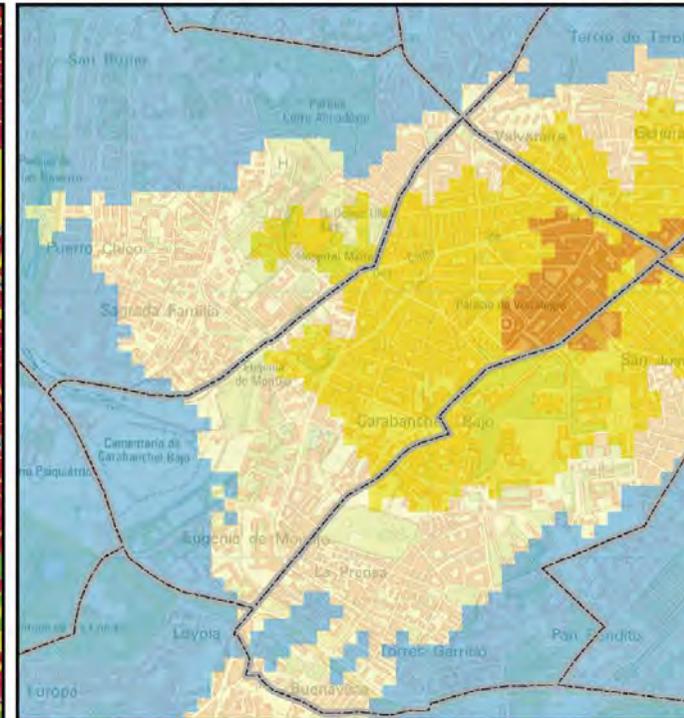
# 127. VISTA ALEGRE



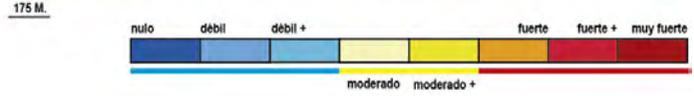
USOS DEL SUELO	Superficie (%)	ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Áreas urbanas	55,87	Debil +	20,03
Infraestructuras verdes	11,56	Moderado	28,75
Industria y servicios	32,18	Moderado +	41,02
Áreas en proceso de urbanización	0,39	Fuerte	10,20

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



- Infraestructuras verdes
- Industrial y vías de comunicación
- Permeable
- Áreas urbanas
- Aeropuertos
- Impermeable (clasificación de superficies)
- Áreas en proceso de urbanización
- Otras



# 128. ZOFIO

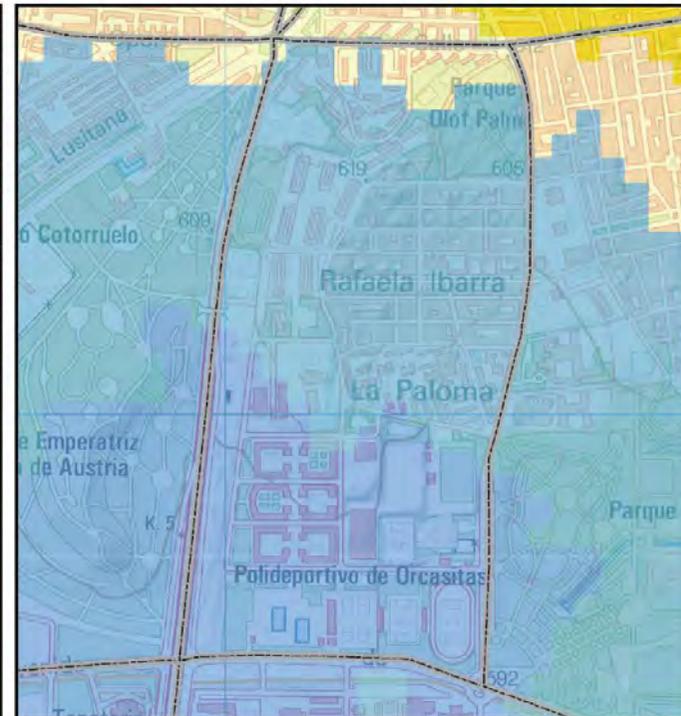
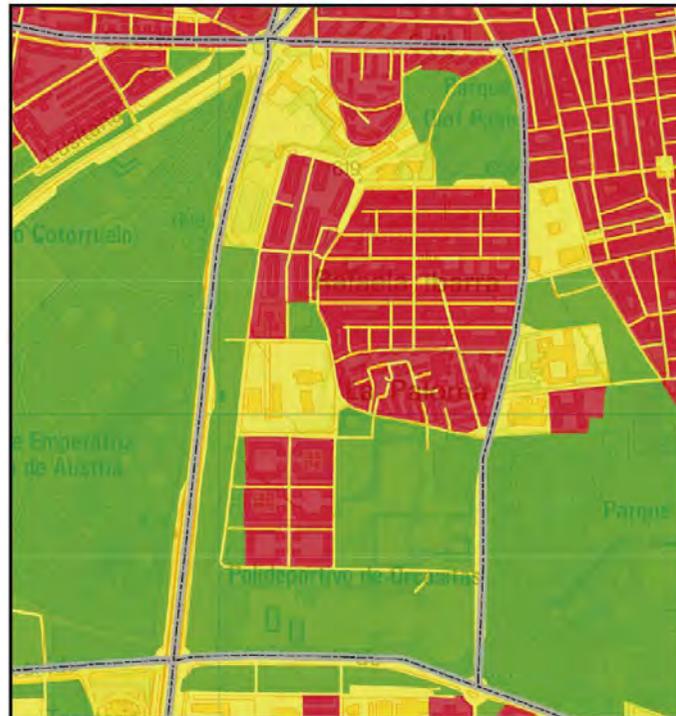


USOS DEL SUELO	Superficie (%)
Áreas urbanas	35,08
Infraestructuras verdes	38,49
Industria y servicios	26,43

ÍNDICE DE IMPACTO	Superficie (%)
Débil	40,42
Débil +	54,93
Moderado	4,65

USOS DE SUELO (modificado de Urban Atlas, 2006)

ÍNDICE DE IMPACTO DE LA ISLA DE CALOR



# **4. conclusiones y propuestas**

En este apartado la influencia de los periodos de ola de calor o sucesión de días cálidos y su reflejo en la isla de calor urbana han sido abordados a tres escalas con recomendaciones y valoraciones que, necesariamente y por el alcance del proyecto, son de carácter genérico. Desde este planteamiento el resultado son tres escalas propositivas que caracterizan térmicamente a la ciudad de Madrid y su conurbación frente a los efectos de una posible secuencia reiterada de calor extremo previsible para las próximas décadas. El resultado es una propuesta de zonificación térmica que utiliza como referencia los valores del índice de impacto, calculado a partir de la intensidad de la isla de calor urbana y los valores de la temperatura fisiológica, representada por el índice PET (*Physiological Equivalent Temperature*) en los días cálidos de verano:

- **los espacios de borde supramunicipales o los suelos urbanos consolidados de media, baja o nula densidad edificatoria considerados como áreas de compensación y amortiguación térmica (grandes y medias escalas de intervención,  $A_{Ct}/A_{Mt}$ )**
- **la generación de una planificación y normativa sobre suelo urbano consolidado de densidad edificatoria media y alta en áreas de amortiguación térmica (escalas medias de intervención,  $A_{Mt}$ )**
- **El tratamiento del suelo urbano consolidado con previsión de actuaciones a pequeña escala sobre manzaneros y viales en suelo urbano consolidado de alta densidad edificatoria (microescalas de intervención; áreas de protección térmica  $-A_{Pt}$  y de riesgo térmico  $-A_{Rt}$ )**

#### **4.1.- Suelo no urbanizado o urbanizado consolidado de densidad media y baja (grandes escalas)**

##### **Ámbito de influencia (Fig. 4.1)**

Áreas de contacto con municipios limítrofes o espacios de suelo urbanizado que actúan como “sectores de amortiguación y compensación térmica”.

##### **Valoración de posibles elementos térmicos compensatorios (Tab. 4.1)**

- Considerar la **permeabilidad verde** entre espacios y planeamientos limítrofes como una norma de obligado cumplimiento especialmente en los contactos con los espacios protegidos (Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares o Parque Regional del Sureste), sobre

- suelos declarados de protección por el planeamiento municipal o en sectores perimetrales de contacto entre áreas urbanizadas (aET1).
- Minimizar el impacto de los límites urbanos no consolidados reduciendo al máximo las superficies artificiales (aET2).
  - Consolidar los espacios abiertos disponibles del borde municipal dotándolos de “calidad ambiental” como las vías pecuarias, eriales o terrenos barbechados considerados o no como Suelo No Urbanizable según la normativa vigente municipal y recuperar estos espacios como espacios libres de interés social dentro de los desarrollos consolidados (aET3).
  - Reforzar la protección de las áreas con presencia de vegetación natural y/o naturalizada prestando especial interés a los ámbitos fluviales (aET4).
  - Evitar las modificaciones en la fisiografía del terreno manteniendo las alternancias entre lomas-valles (sectores arcósicos) y loma-valle (río Manzanares) por su interés como vectores de aireación urbana (aET5).

#### **Medidas correctoras propuestas (Tab. 4.1)**

- Promover la permeabilidad mediante revegetados puntuales (reforzamiento) o por agrupaciones (generar vectores de conexión entre áreas desconectadas) considerando de interés prioritario las plantaciones de ensanchamiento de los bosques de ribera (aC1).
- Fomentar y mantener la agricultura de secano, tanto en barbecho como en cultivo activo, reafirmando su papel de amortiguadores térmicos (aC2).
- Diseñar morfologías naturalizadas y adaptadas a la fisiografía existente en el contacto en los límites municipales rectificando planteamientos excesivamente *regulares* y *regularizadores* (aC3).
- Revegetar y adecuar los espacios abiertos degradados del margen municipal que favorezcan flujos y evitar discontinuidades ambientales reforzando su carácter de *amortiguadores térmicos metropolitanos* (aC4)
- Mantener y rehabilitar valles (sector septentrional, oriental y occidental arcósico) y taludes y escarpes (sector meridional yesífero) de los márgenes municipales favoreciendo, en el caso de ser necesario, reforestaciones núcleo con posibilidades de interconexión mediante revegetación lineal y que faciliten los flujos térmicos naturales (aC5).

## 4.2.- Suelo urbano consolidado (escalas medias y de detalle)

### Ámbito de influencia (Fig. 4.1)

Se consideran aquellos elementos de la morfología y el diseño urbano que mayor influencia podrían tener en la mitigación o amortiguación de situaciones térmicas extremas en áreas de riesgo térmico y de protección térmica.

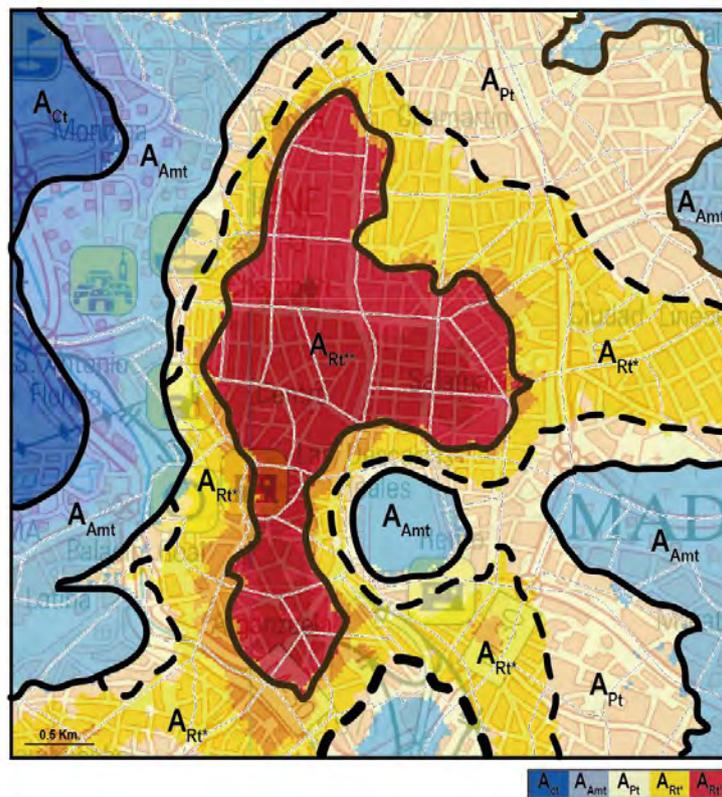
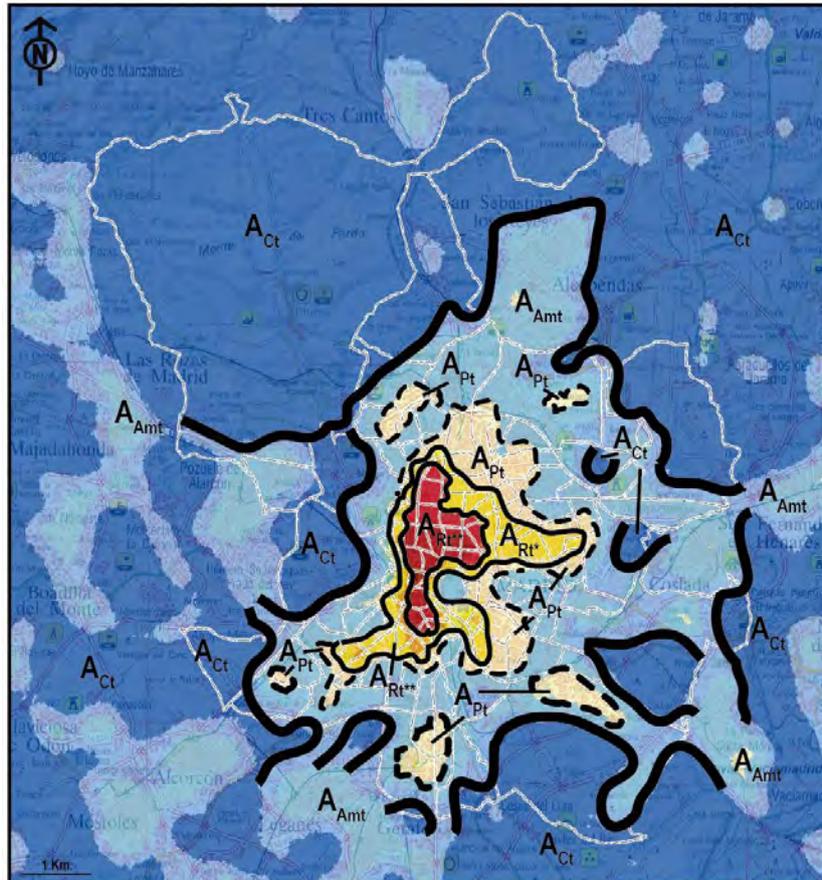
### Valoración de posibles elementos térmicos compensatorios (Tab. 4.1)

- Considerar las cubiertas como superficies homogéneas que merecen un tratamiento especial y homogéneo (bET1).
- Valorar el papel de los viales como lugares pluriestrato en el que al menos existen tres niveles microclimáticos: suelo, vuelo arbustivo o arborescente y vuelo arbolado incluidos en su mayor parte en el denominado **cañón urbano** (*urban canyon layer*) (bET2).
- Promover la renaturalización de los espacios vacíos o “*frentes de rotura*” en manzaneros y viales sin ocupación definida o inacabados (bET3).
- Fomentar la protección de fachadas desnudas o expuestas a una radiación excesiva (bET4).
- Naturalizar alcorques y suelos desnudos (bET5).

### Medidas correctoras propuestas (Tab. 4.1)

- Utilizar materiales reflectantes en cubiertas (*white roofs*) incrementando los índices de reflectancia en el **urban canopy layer** (límite superior de los edificios) (bC1).
- Ajardinar en varios estratos los viales considerando su carácter de barrera (rodados) o de naturalización del espacio (peatonal) considerando: porte, densidad foliar y requerimientos hídricos (bC2).
- Vegetar con especies de escaso requerimiento hídrico y de porte arbustivo para espacios desconectados que introduzcan discontinuidades en los espacios abiertos del manzanero independientemente de su tamaño (bC3).
- Incluir en la normativa la implantación de estructuras (internas o no) en fachadas expuestas a altos niveles de radiación que permitan ajardinamientos sin excesivas necesidades de riego o estructuras que reduzcan la absorción de radiación (bC4).

- Utilizar especies rastreras con bajos requerimientos hídricos para densificar las coberturas de alcorques o terrenos marginales que minimicen los efectos de absorción y reflejo de la radiación a nivel de suelo (bC5).
- De manera general incluir en las normas urbanísticas vigentes medidas adaptadas a cada barrio en función del nivel de riesgo térmico y que, de manera progresiva, mejoren el confort térmico de los edificios y del espacio público (bC6).



**Figura. 4.1** Zonificación térmica propuesta para el Ayuntamiento de Madrid y detalle del sector central: ACt (Áreas de Compensación Térmica); AAmt (Áreas de Amortiguación Térmica); APt (Áreas de Protección Térmica); ARt (Áreas de Riesgo Térmico muy fuerte-hotspots\*\* y fuerte\*)

**Tabla 4.1** Resumen

<b>I<sub>ic</sub></b>	<b>A<sub>t</sub></b>	<b>S<sub>ha</sub></b>	<b>C<sub>ta</sub></b>	<b>isladc</b>	<b>PETmdc</b>	<b>ETC</b>	<b>MC</b>
nulo	<b>ACT (Áreas de Compensación Térmica)</b>	30569,5	nula	-0,2	10,9	aET1, aET2, aET3, aET4, aET5	aC1, aC2, aC3, aC4, aC5
débil	<b>AAmt (Áreas de Amortiguación Térmica)</b>	8515,3	baja	3,1	15,1	aET1, aET2, aET3, aET4, aET5	aC1, aC2, aC3, aC4, aC5
débil +	<b>AAmt (Áreas de Amortiguación Térmica)</b>	12337,6	media	5,0	17,5	aET1, aET2, aET3, aET4, aET5	aC1, aC2, aC3, aC4, aC5
Moderado	<b>APt (Áreas de Protección Térmica)</b>	4979,9	media	6,4	19,1	bET1, bET2, bET3, bET4, bET5	bC1, bC2, bC3, bC4, bC5
moderado +	<b>APt (Áreas de Protección Térmica)</b>	2216,2	baja	7,3	20,5	bET1, bET2, bET3, bET4, bET5	bC1, bC2, bC3, bC4, bC5
fuerte	<b>ARt (Áreas de Riesgo Térmico)</b>	494,2	baja	7,7	21,3	bET1, bET2, bET3, bET4, bET5	bC1, bC2, bC3, bC4, bC5
fuerte +	<b>ARt (Áreas de Riesgo Térmico)</b>	690,4	nula	8,2	21,6	bET1, bET2, bET3, bET4, bET5	bC1, bC2, bC3, bC4, bC5
muy fuerte	<b>ARt (Áreas de Riesgo Térmico – hotspots-)</b>	638,3	nula	8,6	22,4	bET1, bET2, bET3, bET4, bET5	bC1, bC2, bC3, bC4, bC5

**I<sub>ic</sub>** Impacto de la Isla de Calor; **A<sub>t</sub>** Áreas térmicas; **S<sub>ha</sub>**, superficie en hectáreas; **C<sub>ta</sub>**, Capacidad térmica de acogida; **isladc** intensidad isla de calor días cálidos; **PETmdc** PET (*Physiological Equivalent Temperature*) media de días cálidos; **ETC** Elementos térmicos compensatorios; **MC** Medidas correctoras propuestas

Señalamos, además, la conveniencia de realizar una serie de actuaciones que mejorarían sustancialmente los resultados obtenidos.

A grandes rasgos, estas actuaciones las podemos resumir en:

- Reforzar la base de datos geográfica, incorporando información sobre la geometría urbana derivada de la información LIDAR.
- Mejorar la base de datos climática a partir de la red existente y la creación de nuevos puntos de control en zonas significativas
- Sería muy importante realizar un seguimiento y control de las condiciones climáticas urbanas en áreas significativas de nuestra ciudad.

# **bibliografía**

- Andrade, H. (2003). "Microclimatic variations of thermal comfort in a Lisbon city District, en Climatic principles in urban planning. Application to Lisbon". *Climlis Poc* II/34.
- Alberdi et al. (2004). "Distribución espacial de la mortalidad: impacto de la ola de calor de 2003 en la mortalidad en el municipio de Madrid". *Geosanidad*, (11).
- Alcoforado, MJ., Andrade, H. (2006). "Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modelling attempts". *Theor Appl Climatol* 84(1–3):151–159.
- AEMET (2015). *Olas de calor en España desde 1975*. Área de Climatología y Aplicaciones Operativas.
- Ayuntamiento de Madrid (2014). *Plan de Energía y Cambio Climático en la Ciudad de Madrid. Horizonte 2020*.
- Ayuntamiento de Madrid (2015). *Análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático en el municipio de Madrid*. Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad.
- Cheng KS, Su YF, Kuo FT, Hung WC and Chiang JL (2010). Assessing the effect of landcover changes on air temperature using remote sensing images—A pilot study in northern Taiwan. *Landscape and Urban Planning* 85 (2008) 85–96.
- Cohen P, Potchter O, Matzarakis A (2012). Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. *Build Environ* 51(2):285–295.
- Díaz, J.; Linares, C. y Tobías A. (2006): Impact of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain) among the 45–64 age-group, *International Journal of Biometeorology*, 50 ( 6), pp. 342-348.
- EEA (2011). *Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*. Technical report No 18/2011, 142pp.
- EEA (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies*. EEA Report No 2/2012. 148 pp.
- EPA. 2003. Beating the Heat: Mitigating Thermal Impacts. *Nonpoint Source News-Notes*. 72:23-26.
- Eum JH., Scherer D., Fehrenbach U. and Woo JH (2011). Development of an urban landcover classification scheme suitable for representing climatic conditions in a densely built-up Asian megacity, *Landscape and Urban Planning* 103, 362– 371.
- Fernández García, F. (1996). *El clima urbano en Manual de climatología aplicada*. Madrid Síntesis.

Fernández F., Montávez J.P., González-Rouco F.J. and Valero F. (2003). A PCA analysis of the UHI form of Madrid (Spain), in *Fifth International Conference on Urban Climate*. Lodz (Poland). 55-58.

Fernández García, F. (2007). Impactos del cambio climático en las áreas urbanas y rurales. *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*. N. 66-87, 170-182. ISSN. 0214-1302.

Fernández García, Felipe y Domingo Rasilla (2008): Olas de calor e influencia urbana en Madrid y su área metropolitana. *Estudios Geográficos*, LXIX, 265, pp. 495-518.

Fernández García F., Rasilla D. (2009). Urban enhancement of the heat waves in Madrid and its metropolitan area. *Geophysical Research Abstracts*, 11, EGU2009-6123, EGU General Assembly. Viena, Austria.

Fernández García, F. (2009). Ciudad y cambio climático: aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid. *Investigaciones Geográficas*, 49. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante. Pp. 173-195.

Fernández García, F. (2010). Cambio climático y espacios urbanos en Clima, ciudad y ecosistemas (Felipe Fernández, Encarna Galán y Rosa Cañada eds). *Publicaciones de la Asociación Española de Climatología AEC*, Serie A, nº 7, pp. XVII-XXII.

Fernández García, F., Martilli, A. (2011). *Urban climate research in Spain. International Association for Urban Climate*. 40, June, 2011, pp. 22-28.

Fernández García, F., Rasilla Álvarez, D. (2012). Confort térmico e influencia urbana en el área metropolitana de Madrid, en *Nuevos aires de la Geografía Española del siglo XXI. Aportación española al XXXIIº Congreso de la Unión Geográfica Internacional*. Editorial Comité Español de la UGI/2012.

Fernández García, F. (2013). *El medio ambiente urbano y su integración en el avance del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid. Propuestas de creación de un sistema de información climático ambiental*. Reflexiones a propósito de la revisión del Plan General de Madrid. Grupo TRyS.

Fernández García, F., Rasilla Álvarez, D., Allende Álvarez, F. (2013). *La isla de calor en Madrid durante los periodos cálidos: evaluación de impactos y propuestas de actuación*. Reflexiones a propósito de la revisión del Plan General de Madrid. Grupo TRyS.

Fernández García, F., Rasilla Álvarez, D. (2013). Extreme warm events and urban confort in the metropolitan area of Madrid: Proposal of an urban heat index (UHINDEX). *Two hundred years of urban meteorology (Geogiadis M. A et al coord)*. Pp. 144-152. ISBN: 9788895597188

Fernández García, F. (2014). *El futuro de Madrid en el marco del Cambio climático en Madrid, cuestión central. Autonomía y Región metropolitana* (J. Vinuesa y J.M. de la Riva eds). Madrid, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Pp. 61-67.

Fernández García, F. (2014). La climatología urbana en España en los últimos 30 años, *Libro Jubilar en Homenaje al profesor Antonio Gil Olcina*, Publicaciones Universidad de Alicante, pp. 125-143.

GMES (2010). *Mapping Guide for a European Urban Atlas*. Document Version 1.1 dated 26/08/2010

García-Herrera, R.; Díaz, J.; Trigo, R. M. y Hernández, E. (2005): "Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions", *Annales Geophysicae*, 23, pp. 239-251.

García Palomares, J.C., Alberdi, J.C. (2005): Mortalidad en la ciudad de Madrid durante la ola de calor del verano de 2003. *GeoFocus*, 5: 19-39.

Gómez F., Pérez Cueva A., Valcuende M., Matzarakis A. (2013). Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiological equivalent temperature (PET)<sup>2</sup>. *Ecological Engineering* 57 (2013) 27– 39

Grimmon, C.S.B. (2006): Progress in measuring and observing the urban atmosphere, en *Theoretical Applied Climatology*, 84, 3-22.

P. Höpfe (1999): A universal index for the assesement of the thermal environment. The physiological equivalent temperature PET, *International Journal of Biometeorology*, 43, pp. 71-75, 1999.

Ketterer, C, Matzarakis, A. (2014). Comparison of different methods for the assessment of the urban heat island in Stuttgart, Germany. *Int J Biometeorology*.

Ketterer C, Matzarakis A. (2014a). Human-biometeorological assessment of heat stress reduction by replanning measures in Stuttgart, Germany. *Landscape and Urban Planning* 122:78–88.

López Gómez, Antonio y Fernández García, Felipe (1984): La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano, *Estudios Geográficos*, n. 174, pp. 5 a 34.

Martilli, A., A. Clappier, M. W. Rotach, (2002). An urban surface exchange parameterisation for mesoscale models. *Boundary-Layer Meteorology* 104, 261-304.

Martilli, A., Santiago, J. L., & Salamanca, F. (2015). On the representation of urban heterogeneities in mesoscale models. *Environmental Fluid Mechanics*, 15, 315-328.

Mirzaei PA, Haghigat F (2010). Approaches to study urban heat island - Abilities and limitations. *Build Environ* 45(10):2192–2201.

Murphy D.J., Hall M.H., Hall C.A., Heisler GM., Stehman S.V., Anselmi-Molina C. (2011). The relationship between land cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico. *International Journal of Climatology*. Volume 31, Issue 8, pages 1222–1239.

Núñez Peiró, M et al (2016). Hacia un modelo dinámico para la isla de calor urbana de Madrid. *Anales de Edificación*, Vol. 2, N°1, 49-58.

Oke, T.R. (2006). Towards Better Scientific Communication in Urban Climate, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 84 No. 1, pp. 179-190.

Pantavou K., Theoharatos, G., Mavrakis, A., Santamouris, M. (2011). Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens. *Building and Environment* 46, 339-344.

Petisco de Lara, S.E. *Método de regionalización de temperaturas basado en análogos. Explicación y validación*. Nota Técnica 3B del Área de Evaluación y Modelización del Cambio Climático (NT AEMCC-3B). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino [Último acceso:14/03/2016].[http://www.aemet.es/documentos/es/idi/clima/escenarios\\_CC/Metodo\\_regionalizacion\\_temperatura.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/idi/clima/escenarios_CC/Metodo_regionalizacion_temperatura.pdf).

Ren, C., Ng, E. and Katzschnher L (2011). Urban Climatic Map Studies: A Review. *International Journal of Climatology*, 31: 2213–2233.

Salamanca, F, Martilli, A. and Yague, C. (2011). A numerical study of the urban boundary layer over Madrid during the DESIREX (2008) campaign with WRF and an evaluation of simple mitigation strategies of the Urban Heat Island. *International Journal of Climatology* 32: 2372–2386.

Sanginés Coral, D (2013): *Metodología de evaluación de la isla de calor urbana*. Universidad de Zaragoza. Tesis Doctoral dir. Turégano Romero, J. A.. 205 pp.

Schwarz, N., Lautenbach, S., & Seppelt, R. (2011). “Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures”. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3175-3186.

Schwarz, N., Manceur, M.A. (2015). Analyzing the influence of urban forms on surface urban heat islands in Europe. *Journal of Urban Planning and Development* 141(3): A4014003,

Sobrino et al. (2012). La campaña DESIREX en Madrid. Determinación de la isla de calor. En Fernández García, F, Galán Gallego, E y Cañada Torrecillas, R. (Eds.). *Clima, ciudad y Ecosistemas* (pp. 141-164). Madrid: Publicaciones de la Asociación española de Climatología, Serie B, (5).

Sobrino JA et al (2013). Evaluation of the surface urban heat island effect in the city of Madrid by thermal remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 34: 3177–3192.

Stephanie C. Herring, Martin P. Hoerling, James P. Kossin, Thomas C. Peterson, Peter A. Stott. Editor (2015). Explaining extreme events of 2014 from a climate perspective. *Special Supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society* Vol. 96, No. 12.

Svensson, M., Eliasson, I. and Holmer, B. (2002). A GIS based empirical model to simulate air temperature variations in the Göteborg urban area during the night. *Climate Research*, 22: 215-226.

Tomlinson CJ, Chapman L, Thornes JE and Baker CJ (2010). Derivation of Birmingham's summer surface urban heat island from MODIS satellite images. *Int. J. Climatol.* 32: 214-224.

Tomlinson CJ, Chapman I, Thornes JE and Baker CJ (2011). Including the urban heat island in spatial heat-health risk assessment strategies: a case study for Birmingham, UK. *International Journal of Health Geographics* 17: 10-42.

Voogt, J. A.; Oke, (2003). T. R. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sens. Environ.* 2003, 86, 370–384.

Wan, Z (2006). *Collection-5 MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide*. CESS, University of California, Santa Barbara.

World Meteorological Organization and World Health Organization (2015). *Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development*. WMO-No. 1142.

Zastrow, M (2015): Speedy study claims climate change doubled chances of European heatwave. Researchers hope that near real-time analysis will improve media coverage of climate's links to extreme weather. *Nature News*, 13 July 2015