

**CONAMA 2024**

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

# Efecto Isla de Calor Urbana

Un enfoque integrado basado en tecnología SIG para la Adaptación Climática



# CONAMA 2024

EFFECTO DE LA ISLA DE CALOR URBANA

**Autores Principales:** Laura García Campo y Jaime Nieves Martínez (Esri España Soluciones Geospaciales, S.L.)

**Otros autores:** Juan José Pérez Real (Esri España Soluciones Geospaciales, S.L.)

## 1. ÍNDICE

### Contenido

1. ÍNDICE .....	1
2. RESUMEN .....	2
3. MARCO ESTRATÉGICO.....	3
3.1. Entender la isla de calor urbana.....	4
3.2. Agenda Urbana Española y ODS.....	5
4. METODOLOGÍA .....	8
4.1. Obtención de los datos.....	8
4.2. Procesamiento de los datos con tecnología SIG .....	10
4.3. Visualización y difusión de los resultados con aplicaciones SIG .....	11
5. Bibliografía .....	13

### 2. RESUMEN

El fenómeno de la isla de calor urbana (ICU o UHI en inglés), es un efecto climático que se produce cuando las áreas urbanas experimentan temperaturas considerablemente más altas que sus alrededores rurales debido, entre otros factores, al proceso de absorción, retención y liberación de calor que se produce en los materiales de construcción que conforman nuestros edificios y calles. Estas islas representan un desafío creciente para las ciudades en el contexto del cambio climático, especialmente en España, donde gran parte de la población reside en zonas urbanas densamente pobladas [4]. Debido a esto, varios documentos oficiales y estrategias de España abordan el fenómeno de la isla de calor urbana en el contexto de adaptación al cambio climático y la mejora del entorno urbano. Estos documentos destacan la necesidad de mitigar el calentamiento urbano, aumentar la resiliencia de las ciudades y promover un desarrollo sostenible.

Para estudiar la isla de calor urbana es indispensable emplear datos geolocalizados. La combinación de datos ráster (imágenes satelitales) y datos vectoriales permiten dimensionar, analizar y comparar con gran precisión la distribución espacial e intensidad del fenómeno en un núcleo urbano. La incorporación de datos geoespaciales públicos, como las coberturas de suelo (SIOSE AR) que permiten visualizar cartográficamente el papel crucial que juegan las coberturas arboladas en la mitigación del fenómeno, combinados con el uso de imágenes satelitales de alta resolución espacial y temporal nos permite monitorizar la isla de calor mediante datos de temperatura superficial terrestre. Además, al combinar estos datos físicos con datos sociodemográficos geolocalizados, también podemos construir índices que evalúen el grado de vulnerabilidad frente al fenómeno de las distintas secciones censales de un municipio.

En este estudio se mostrará una metodología que permite, mediante el uso de tecnología SIG, obtener una visión integral del fenómeno Isla de Calor Urbana. Los datos, cartografiados en un gemelo digital geográfico, facilitan tanto la comprensión de los datos como la posterior toma de decisiones por parte de todos los agentes implicados en los procesos de planificación urbana. Esta visión integral facilita la aprobación de programas de mitigación y adaptación al cambio climático y ayuda a priorizar las zonas más vulnerables de la ciudad.

En definitiva, a través de este estudio se mostrará la importancia de los sistemas geoespaciales a la hora de afrontar el fenómeno climático como la isla de calor urbana y fomentar el diálogo sobre las estrategias de adaptación y mitigación que se deben aplicar en el contexto del cambio climático urbano.

### 3. MARCO ESTRATÉGICO

El efecto de Isla de Calor Urbana (En adelante ICU) es un fenómeno creciente en ciudades de todo el mundo, especialmente en países con climas cálidos como España. Este concepto se refiere a un fenómeno observado en grandes ciudades de todo el mundo donde se comprueba que las zonas urbanas tienden a ser significativamente más cálidas que sus áreas rurales circundantes debido a diversos factores como la alta concentración de edificios, la contaminación, la presencia de materiales con bajo albedo (como el asfalto) o la falta de vegetación sana entre otros. Este incremento de la temperatura ambiente impacta negativamente tanto en la salud como en la calidad de vida de los ciudadanos, por lo que contar con herramientas tecnológicas avanzadas, como un sistema GIS, que analice estos factores y que ayude a la implementación de programas de mitigación y adaptación, resulta crucial en la toma de decisiones.

Un estudio reciente publicado en Nature Medicine [1] estima que en 2023 el número de muertes relacionadas con el calor podría ascender a 47.690 personas en toda Europa (la segunda más alta del periodo de estudio 2015-2023) y que la carga de mortalidad relacionada con el calor habría sido un 80% mayor en ausencia de medidas de adaptación, especialmente en los ancianos (+100,7% en personas de 80 años o más). España, con 8.352 muertes por calor (la mayoría mujeres de edad avanzada), se convierte en el segundo país con más carga de mortalidad absoluta y el cuarto en fallecimientos en relación con el número de habitantes.

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático [4], realizado por el Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, indica que las olas de calor han aumentado en frecuencia e intensidad en las últimas décadas, lo que agrava el efecto ICU y por tanto el riesgo de muerte prematura debido a las altas temperaturas. Las muertes prematuras pueden producirse debido al efecto directo del calor (golpes de calor), o por el agravio de las patologías en las personas que sufren enfermedades respiratorias y/o cardiovasculares, especialmente en poblaciones vulnerables como ancianos y niños.

La Organización Mundial de la Salud también advierte de que el calor puede perturbar e interrumpir servicios esenciales para la salud, por ejemplo, afectando al suministro eléctrico y a los sistemas de transporte, además de reducir la productividad laboral y aumentar el riesgo de accidentes. Por todo ello, las distintas organizaciones y estudios insisten en que la adaptación es clave para afrontar esta emergencia climática.

Ante esta problemática, el uso de un sistema GIS para mapear, analizar y dar respuesta al efecto Isla de Calor Urbana se entiende como indispensable, ya que permite combinar y analizar datos geolocalizados de distintas fuentes de información para identificar con precisión las áreas más vulnerables al efecto ICU dentro de una ciudad. La clasificación y categorización de los factores que influyen en este fenómeno, como la temperatura superficial, la densidad urbana o la falta de vegetación, permite proponer y priorizar acciones de adaptación y mitigación como la creación de nuevas zonas verdes, la instalación de protecciones solares en calles y plazas especialmente vulnerables o programas de rehabilitación energética de fachadas en edificaciones antiguas, entre otras. Estas soluciones no solo mejoran la habitabilidad de las ciudades, sino que también pueden reducir el consumo energético relacionado con la

## EFFECTO DE LA ISLA DE CALOR URBANA

refrigeración, lo cual es vital en un país donde se proyecta un aumento en la demanda energética durante los veranos futuros.

### 3.1. Entender la isla de calor urbana

Para entender la importancia del Sistema GIS y los datos geoespaciales en el fenómeno ICU es imprescindible tener en cuenta los siguientes conceptos:

- El efecto ICU se produce debido a la combinación de diversos factores que tienen componente espacial: Temperatura superficial, temperatura ambiente, presencia de arbolado, presencia de agua, densidad urbana o localización de la población vulnerable entre otras.
- La influencia de estos factores en el fenómeno “ICU” ha sido cuantificada por un estudio científico [5] realizado en 41 ciudades del mundo (35 de ellas Europeas), concluyendo que las propiedades de absorción y liberación del calor de las superficies urbanas-rurales (albedo e inercia térmica) y la falta de presencia de vegetación sana tienen una influencia alta en la aparición del fenómeno y que las variables de densidad de población y las características de los edificios y las calles (altura, anchura...) tienen una influencia media. Esto permite asignar pesos a las variables geográficas.
- En las primeras horas de la mañana, las superficies sólidas de la ciudad son térmicamente más frías que las áreas rurales circundantes y liberan menos calor, ya que responden más lentamente a la radiación solar en comparación con el campo. Por la noche, la situación se invierte: las zonas periféricas se enfrían más rápidamente que la ciudad, porque los materiales urbanos tienen menor albedo y mayor inercia térmica, lo que hace que liberen el calor captado durante el día más lentamente [2]. Esto hace que el estudio del ICU sea especialmente relevante durante la noche.

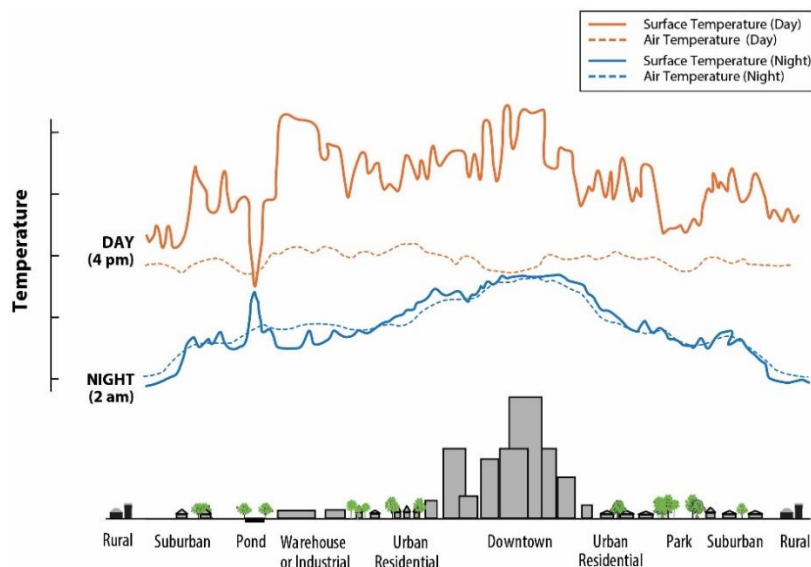


Figura 1. Diagrama del efecto isla de calor de la United States Environmental Protection Agency (EPA)

## EFFECTO DE LA ISLA DE CALOR URBANA

- La temperatura superficial (capturada a través de imágenes satélite) y la temperatura del aire (capturada a través de estaciones meteorológicas) varían mucho durante el día, pero generalmente son similares durante la noche [6].
- De acuerdo con el estudio realizado por Toy et al. (2007) [7], se pueden categorizar las condiciones térmicas del suelo según su temperatura superficial, en particular en el contexto de estudios de microclima y efectos de isla de calor urbana. Esta clasificación es útil para identificar diferentes grados de estrés térmico en áreas urbanas o rurales. Establece la siguiente clasificación térmica:
  - Muy Calurosa: Temperaturas superficiales entre 26.5°C y 29.9°C. En esta categoría, las temperaturas ya son lo suficientemente altas como para generar incomodidad y afectar los microclimas urbanos, pero no alcanzan niveles extremos de calor.
  - Tórrida: Temperaturas superficiales mayores a 30°C. Esta es la categoría más extrema de calor, donde las temperaturas alcanzan niveles que pueden tener un impacto significativo en la salud humana, la biodiversidad y el confort urbano.

## 3.2. Agenda Urbana Española y ODS

La importancia del estudio del fenómeno ICU se recoge en importantes documentos oficiales como la Agenda Urbana Española, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), los ODS, la Nueva Agenda Urbana Internacional o la Agenda Urbana Europea entre otros.



**El Objetivo Estratégico 3 “Prevenir y reducir los impactos del cambio climático y mejorar la resiliencia” de la Agenda Urbana Española [3]** insiste en la necesidad y la urgencia de implementar programas de mitigación y adaptación al cambio climático ya que, entre otros factores

*Las olas de calor tienen un efecto añadido cuando se conectan con el incremento de las temperaturas. Su impacto inmediato es el desconfort térmico, pero en casos extremos, con prolongados períodos de altas temperaturas puede llegar a suponer un incremento de enfermedades y de muertes. Las características de los materiales urbanos modifican el clima de las ciudades haciendo que la temperatura en éstos sea varios grados superiores a la temperatura de las áreas rurales. **La combinación de las olas de calor con el mencionado efecto de la isla de calor incrementa el impacto sobre la salud de los ciudadanos.***

## EFFECTO DE LA ISLA DE CALOR URBANA

Y establece las siguientes líneas de actuación:

Objetivo 3.1. Adaptar el modelo territorial y urbano a los efectos del cambio climático y avanzar en su prevención:

- **Reducir la isla de calor** de las actuales ciudades, actuando sobre los factores que influyen en el comportamiento climático del entorno urbano. Para ello podría ser útil promover la permeabilización y vegetación de los espacios públicos, **incorporar en las herramientas de planificación y gestión urbana el mapeado del clima urbano**.

Objetivo 3.2. Mejorar la resiliencia frente al cambio climático:

- **Cuidar la forma espacial de la ciudad**, su morfología (rugosidad urbana, cañón urbano, visibilidad del cielo, etc.), **la presencia de vegetación, o el albedo de los materiales** de las superficies urbana para minimizar el impacto de las olas de calor, que ven incrementados sus efectos por la denominada "isla de calor urbana". **Aplicar criterios bioclimáticos** en el diseño de los espacios abiertos.
- **Tener en cuenta en la planificación y en el diseño urbano, así como en el diseño y construcción de los edificios, el fenómeno de la isla de calor urbana**. Para ello será preciso **estudiar la influencia de clima regional y local y elaborar un mapa de clima urbano**, en el que se analice la **capacidad de absorción y cesión de calor por parte de los materiales urbanos (mapa de sobrecalentamiento) y la capacidad de eliminación de ese calor (mapa de ventilación urbana)**. Para la construcción de edificios se estudiarán soluciones de arquitectura bioclimática que contribuyan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En cuanto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), aunque no abordan específicamente las islas de calor urbanas (ICU), varios de ellos están directamente relacionados con los desafíos y soluciones a este fenómeno, especialmente en el contexto de la sostenibilidad urbana y la adaptación al cambio climático. Los ODS más relevantes son:



### ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

Este ODS busca hacer que las ciudades sean inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Uno de sus objetivos es mejorar la sostenibilidad ambiental de las ciudades, lo que implica abordar fenómenos como las islas de calor urbanas mediante la expansión de áreas verdes y espacios públicos accesibles, así como el uso de infraestructuras sostenibles.

### ODS 13: Acción por el clima



# CONAMA 2024

## EFFECTO DE LA ISLA DE CALOR URBANA

Este ODS se centra en tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos. Las islas de calor urbanas son un efecto del cambio climático y la urbanización no planificada, y este objetivo promueve la necesidad de aumentar la resiliencia ante fenómenos climáticos extremos, como las olas de calor, que se agravan en áreas urbanas densas.

### **ODS 7: Energía asequible y no contaminante**

Las islas de calor suelen incrementar la demanda energética, sobre todo para refrigeración. Este ODS promueve el acceso a energía limpia y eficiente, que puede contribuir a mitigar los efectos de las ICU al reducir la dependencia de sistemas intensivos en carbono.

### 4. METODOLOGÍA

Demostrada la importancia del fenómeno y su relación directa con el componente espacial, planteamos a continuación una metodología centrada en la obtención, procesamiento, análisis y difusión de los resultados de la isla de calor urbana mediante el uso de la plataforma geoespacial ofrecida por Esri.



#### 4.1. Obtención de los datos

Existen un gran número de datos públicos disponibles ofrecidas por diversas fuentes para estudiar el fenómeno ICU, desde los datos de la AEMET hasta imágenes satelitales Landsat pasando por los datos sociodemográficos del INE. Con el objetivo de facilitar los trabajos de investigación, Esri pone a disposición de sus usuarios un amplio conjunto de datos en su catálogo de datos geoespaciales **Living Atlas of the World**. Se trata de datos listos para usar en el Sistema ArcGIS disminuyendo la complejidad y el tiempo empleado en la búsqueda y procesamiento de los datos.

## EFFECTO DE LA ISLA DE CALOR URBANA

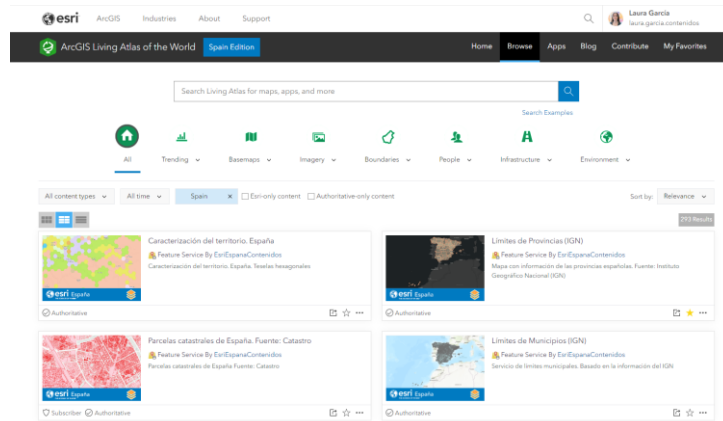


Figura 2. Catálogo de datos de Living Atlas of the World de esri

En algunos casos, los datos públicos no disponen de una resolución espacial y temporal adecuada para el estudio de los fenómenos climáticos. Este es el caso de la ICU cuyo estudio es especialmente relevante durante la noche.

Para solventar este problema, se plantea el uso de datos proporcionados por proveedores comerciales como Planet, una plataforma de observación de la Tierra que utiliza una constelación de satélites en órbita para capturar imágenes diarias de alta resolución del planeta. Planet dispone de un producto denominado *Planetary Variables* (Variables Planetarias) que describe un conjunto de indicadores cuantificables derivados de las imágenes satelitales y otros datos geoespaciales, entre los que se encuentra el Land Surface Temperature, una variable clave para estudios sobre cambio climático e islas de calor urbanas ya que ofrece dos observaciones diarias (día y noche) con resolución espacial de 100m.

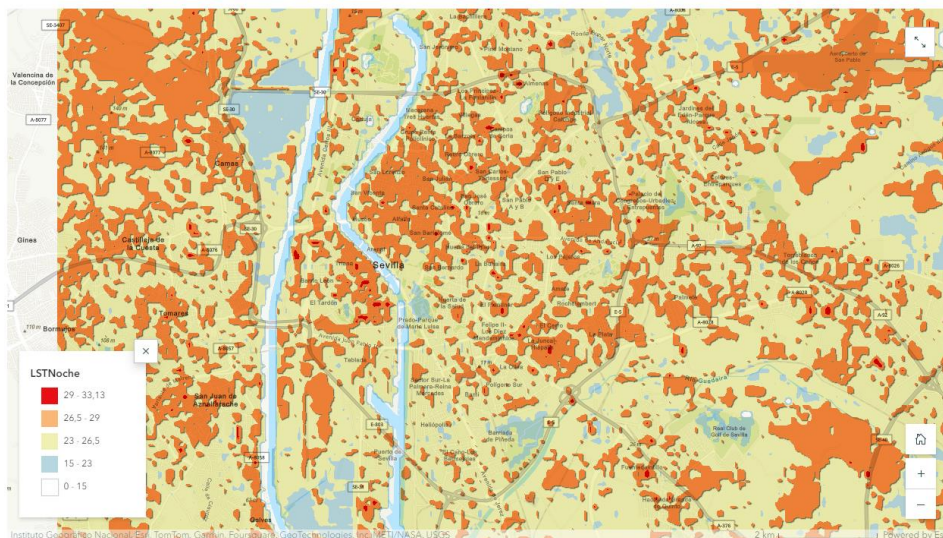
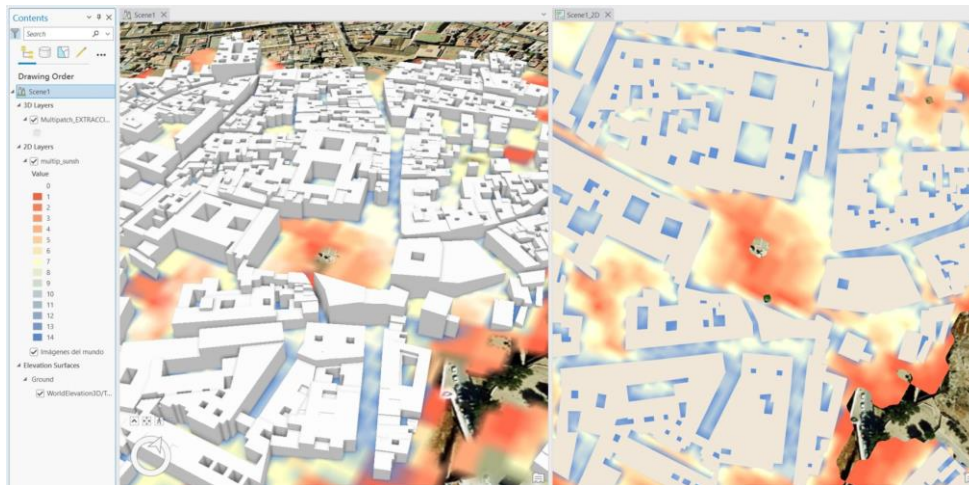


Figura 3. Estudio de la temperatura superficial nocturna en Sevilla simbolizada según clasificación térmica (Normal, Muy calurosa, Tórrida) a partir de imágenes LST de Planet

### 4.2. Procesamiento de los datos con tecnología SIG

Los datos se procesan y analizan con tecnología SIG de Esri con el objetivo de mapear y combinar los diversos y complejos datos que intervienen en la aparición del fenómeno ICU. Estos datos y análisis se pueden organizar en cuatro categorías:

- **Análisis climáticos:** Todos aquellos datos y análisis relacionados con datos históricos climatológicos y predicciones bioclimáticas, ya sea a partir de datos vectoriales o ráster.
- **Análisis urbanos:** Datos relacionados con la forma y composición del tejido urbano como la temperatura superficial, cobertura arbolada, compacidad urbana o análisis de sombras en el espacio público entre otras.
- **Análisis sociodemográficos:** Datos sociodemográficos geolocalizados que nos permiten conocer la presencia de población vulnerable o los patrones de movilidad peatonal en la ciudad.
- **Cálculo de índices de riesgo:** Combinación de los análisis climáticos, urbanos y sociodemográficos mediante procesos de estandarización y asignación de pesos para el cálculo de índices de riesgo por fenómeno ICU



**Figura 4.** Análisis de horas de sombra a partir de un gemelo digital para la ciudad de Osuna

A partir de los datos climatológicos, urbanos y sociodemográficos es posible calcular índices de riesgo por Isla de Calor Urbana para mapear no sólo la presencia de altas temperaturas o la falta de vegetación, sino también su impacto sobre la población vulnerable, comparando las distintas secciones censales de la ciudad entre sí mediante un proceso de estandarización del dato.

## EFFECTO DE LA ISLA DE CALOR URBANA



### 4.3. Visualización y difusión de los resultados con aplicaciones SIG

Tan importantes son los datos y los análisis realizados, como que estos datos sean comprensibles por todos los agentes implicados en la planificación y gestión de los entornos urbanos, de forma que sean conscientes del riesgo climático que afrontan nuestras ciudades y puedan tomar las mejores medidas de mitigación y adaptación. Por ello, el desarrollo de aplicaciones web dinámicas que permita visualizar y explorar los diferentes conjuntos de datos de una forma fácil e intuitiva es fundamental.



Figura 5. Cuadro de mando del índice de riesgo por Isla de Calor

Gracias a la tecnología SIG de Esri la elaboración de aplicaciones que combinen mapas de clima urbano (como mapas de sobrecalentamiento, o mapas de ventilación urbana) con mapas predictivos o mapas de indicadores de riesgo climático es muy sencillo.

### Impacto de la Isla de Calor

Todos los datos anteriormente mencionados pueden ser empleados para analizar la existencia de la isla de calor en un municipio y como afecta a los distintos barrios pero ¿Qué impacto tiene en la población y en el funcionamiento de la ciudad?

La isla de calor urbana tiene un impacto importante sobre:

- El microclima local y los ecosistemas acuáticos
- Incremento del consumo de energía
- Incremento de las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero
- La salud de sus habitantes (afectando especialmente a los más vulnerables)
- Los turistas

Mediante la combinación de las variables que afectan a la generación del fenómeno "isla de calor urbana" y otros datos sociodemográficos se pueden calcular índices que ayuden a priorizar zonas de intervención.

### Índice de riesgo de Isla de calor I



Figura 6. Story maps sobre Isla de Calor

### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gallo, E. Q.-Z. (2024). Heat-related mortality in Europe during 2023 and the role of adaptation in protecting health. *Nat Med*. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03186-1>
- [2] Higuera, E. (2018). *Urbanismo Bioclimático*. GG.
- [3] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2019). *OE3 Prevenir y reducir los impactos del cambio climático y mejorar la resiliencia. Agenda Urbana Española*. Gobierno de España. Obtenido de [https://www.aue.gob.es/recursos\\_aue/03\\_oe\\_03\\_0.pdf](https://www.aue.gob.es/recursos_aue/03_oe_03_0.pdf)
- [4] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2020). *Plan Nacional de adaptación al cambio climático*. Madrid: Gobierno de España. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030\\_tcm30-512163.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf)
- [5] Sangiorgio, V. F. (2020). Development of a holistic urban heat island evaluation methodology. *Sci Rep* 10, 17913. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75018-4>
- [6] Sobrino, J. A.-C.-M. (2012). Evaluation of the surface urban heat island effect in the city of Madrid by thermal remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 34(9–10), 3177–3192. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/01431161.2012.716548>
- [7] Süleyman Toy, S. Y. (2007). Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. *Building and Environment, Volume 42, Issue 3*, 1315–1318. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.10.031>