



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultad de Filosofía y Letras

Memoria del Trabajo de Final de Grado

**Distribución geográfica de la temperatura
nocturna en el casco urbano intramuros de
Palma (Mallorca). Una contribución al estudio
de la isla de calor**

Sergio Campoy Altés

Grado en Geografía

Año académico 2018-19

DNI del alumno: 43172901S

Trabajo tutelado por Dr. Gabriel Alomar Garau
Departamento de Geografía

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	X		X	

Palabras clave del trabajo: clima urbano, temperatura nocturna, isla de calor urbana, urbanización, Palma.

Índice

Resumen.....	4
Abstract.....	4
1. Introducción y objetivos.....	5
2. Área de estudio.....	6
3. Metodología.....	10
4. Resultados.....	15
5. Discusión.....	21
6. Conclusión.....	22
7. Agradecimientos.....	23
8. Bibliografía.....	24

Listado de Mapas

- **Mapa 1.** La ciutat de Mallorca según un mapa de Antoni Garau, del año 1644.
- **Mapa 2.** Distrito Centro de Palma y su división en barrios. Localización en la isla de Mallorca y en el término municipal de Palma.
- **Mapa 3.** Distribución de los puntos de registro de datos de temperatura y humedad en la ciudad intramuros.
- **Mapa 4.** Distribución de los puntos de registro de datos de temperatura y humedad en la ciudad intramuros, por barriadas del Distrito Centro.
- **Mapa 5.** Itinerario y puntos de registro de temperatura y humedad, con indicación del punto de inicio (1) y final (58) del recorrido.
- **Mapa 6.** Distribución de las temperaturas (°C) en el Distrito Centro de Palma, para la noche del 6 de mayo de 2019.
- **Mapa 7.** Temperaturas (°C) de los 58 puntos de registro distribuidos en Distrito Centro de Palma, para la noche del 6 de mayo de 2019.

Listado de Tablas

- **Tabla 1.** Población de las barriadas del Distrito Centro de Palma, para el año 2018.
- **Tabla 2.** Datos de temperatura y humedad para cada punto considerado (noche del 6 de mayo de 2019).

Listado de Gráficas

- **Gráfica 1.** Distribución de la población (%) en las barriadas del Distrito Centro de Palma, para el año 2018.
- **Gráfica 2.** Variación horaria de la temperatura (°C) en tres estaciones meteorológicas oficiales de Palma, entre las 13:00 h. del día 6 de mayo de 2019 y las 12:00 h. del día 7 de mayo de 2019.
- **Gráfica 3.** Perfil térmico (°C) e higrométrico (%) del recorrido realizado la noche del 6 de mayo de 2019.

Resumen

En el presente trabajo se aborda un estudio y análisis de la distribución geográfica de la temperatura nocturna en el casco urbano intramuros de la ciudad Palma (Mallorca). Para llevarlo a cabo se ha adoptado el método de los transectos móviles con el objetivo de identificar la variación de la temperatura en un total de 58 puntos de medida, previamente seleccionados, para la noche del 6 de mayo de 2019. Este método ha permitido establecer, mediante interpolación, la distribución espacial de la temperatura en el área de estudio. Los valores térmicos máximos se registran principalmente en zonas con un entramado urbano denso, de calles estrechas y sinuosas, flanqueadas por edificios relativamente altos, así como en zonas con cierto tráfico motorizado. Por el contrario, los registros más fríos se han registrado en áreas coincidentes con cauces fluviales antiguos o modernos, así como en zonas abiertas y con presencia de vegetación (parques y plazas). Si bien se han consignado diferencias de temperatura entre unas zonas y otras, el rango de variación es relativamente pequeño, de 1,5° C, lo que permite deducir que el casco histórico de Palma se presenta como un medio relativamente homotérmico, aunque esto debería ser corroborado mediante tomas de temperatura adicionales, realizadas mensualmente o para las distintas estaciones del año.

Palabras clave: clima urbano, temperatura nocturna, isla de calor urbana, urbanización, Palma.

Abstract

In the present work, a study and analysis of the geographical distribution of night time temperature in the inner urban area of the city Palma (Majorca) is discussed. To carry it out, the mobile transect method has been adopted with the objective of identifying the temperature variation in a total of 58 previously selected points of measurement for the night of May 6, 2019. This method has allowed establishing, by interpolation, the spatial distribution of the temperature in the study area. The maximum thermal values are registered mainly in areas with a dense urban network, narrow and sinuous streets, flanked by relatively high buildings, as well as in areas with certain motorized traffic. On the other side, the coldest records have been recorded in areas coinciding with old or modern river channels, as well as in open areas with presence of vegetation (parks and squares). Although temperature differences have been reported between zones, the range of variation is relatively small, of 1.5° C, which suggests that the historic center of Palma is relatively homothermal, although this should be corroborated by additional temperature intakes, performed monthly or for the different seasons of the year.

Keywords: urban climate, night time temperature, urban heat island, urbanization, Palma.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Las investigaciones sobre el clima urbano comienzan a desarrollarse en la década de los años 60 del pasado siglo, aplicadas sobre todo a ciudades centroeuropeas, y en España a partir de la década de los 80 (López-Gómez, 1984; Moreno, 1990 y 1999). En la ciudad de Palma, el precursor sobre su clima urbano puede decirse que es un trabajo de Guijarro (1998) sobre la influencia de la urbanización en las series termométricas de Baleares. A este trabajo le siguieron dos más sobre la isla de calor de Palma: uno de Ramis et al. (2002) y otro de Alomar y Llop (2018). En cuanto a otras ciudades del ámbito geográfico balear, hay que mencionar los estudios sobre la isla de calor de la ciudad de Ibiza (Serra, 2007) y de la ciudad de Inca (Troya, 2007).

En lo que respecta al presente trabajo, el área estudiada comprende exclusivamente el antiguo casco urbano intramuros de la ciudad, área de la que se ha examinado la distribución espacial de las temperaturas nocturnas en una fecha concreta (el 6 de mayo de 2019), con la idea de que esta distribución acaso pueda ser extrapolable a la de otras fechas y estaciones del año, cosa que podría ser resuelta mediante estudios posteriores. Nuestra área de estudio es un área perfectamente acotada, pues es la que da nombre a toda la zona interior que antiguamente, hasta el año 1902, estuvo rodeada por murallas, y es la que en la cartografía oficial aparece indicada con el nombre de Distrito Centro.

Una de las finalidades del presente estudio es contribuir a perfeccionar las investigaciones sobre el clima urbano de la ciudad de Palma, y en general las investigaciones sobre ciudades similares del ámbito español y mediterráneo. El objetivo principal es establecer un análisis exploratorio de la manera cómo se comporta térmicamente el antiguo caso urbano intramuros de Palma, no sólo ampliando la base de datos térmicos recopilada por los trabajos precedentes de Ramis et al. (2002) y Alomar y Llop (2018), sino también a partir de la confección de cartografías que dan cuenta de ese comportamiento. Además, nuestro estudio también puede ser útil para todos aquellos otros trabajos relacionados con el fenómeno de la isla de calor de Palma, pues los datos de temperatura recogidos aquí pueden ser confrontados con los que se puedan recopilar en futuras ocasiones.

Hay que decir que el conocimiento del clima urbano es indispensable para poder diseñar correctamente cualquier plan que incluya la ordenación del espacio urbano (Moreno García, 1999; Precedo, 1996), ya que de este clima depende, en buena parte, el bienestar de sus habitantes. De hecho, la alteración del clima en un lugar es un factor importante de calibración del bienestar psicofísico de las personas.

Por otra parte, también hay que decir que no existen estudios exhaustivos y específicos acerca de la distribución geográfica de la temperatura en el centro histórico de Palma, si bien los trabajos antes señalados proporcionan datos relativos a esta zona, aunque no lo hacen con la exhaustividad de nuestro estudio. Es por esto por lo que el trabajo que ahora presentamos puede considerarse, en cierto sentido, original, primerizo e inédito hasta la fecha.

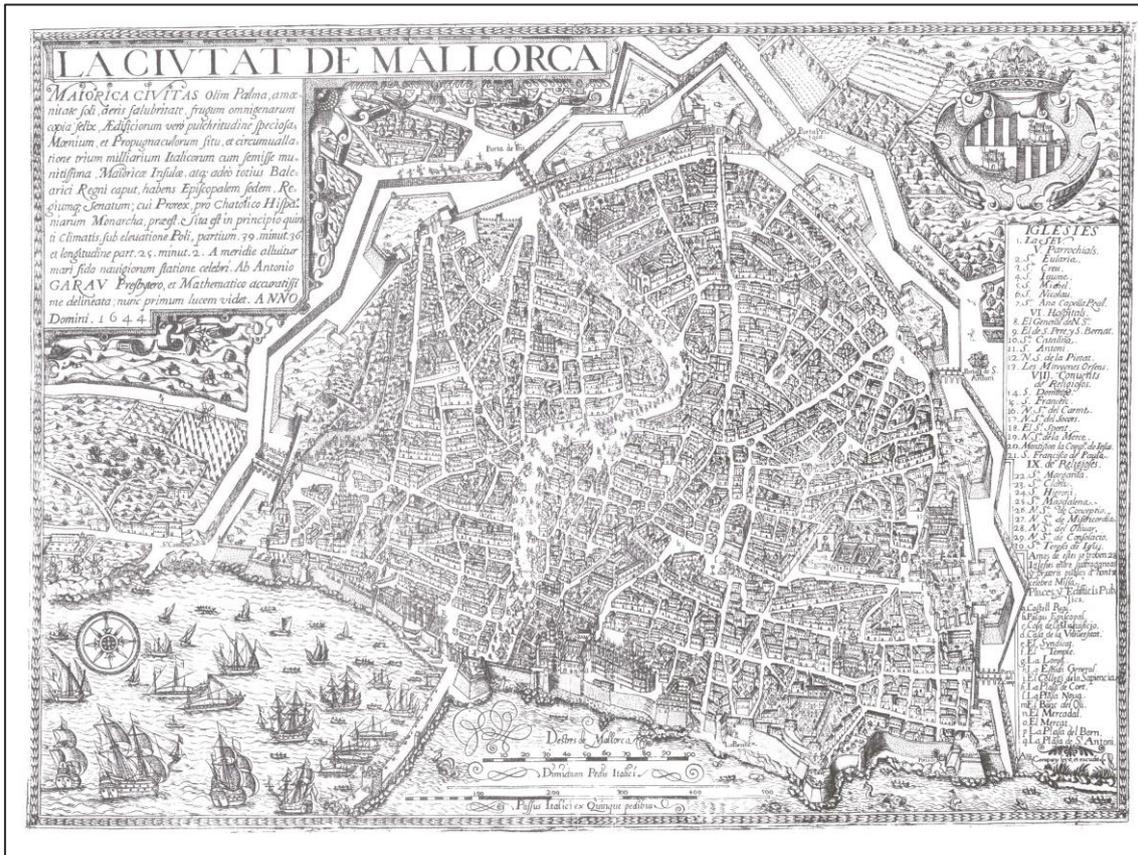
2. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se ha realizado en la ciudad mediterránea de Palma, capital administrativa de la isla de Mallorca y del archipiélago balear, y con una población de 409.661 habitantes en el año 2018, según datos del IBESTAT. Las coordenadas geográficas de la ciudad son las siguientes: N 39°34'10.24", E 2°38'50.82". Como se ha dicho, el ámbito de estudio concreto es el del centro histórico de Palma, comúnmente llamado por los residentes "casc antic" (Mapa 1), cuyas grandes dimensiones han sido puestas de manifiesto en no pocas ocasiones, pues se trata del segundo centro histórico catalogado más grande de Europa, por detrás de Roma (*Diario de Mallorca*, 2017). Actualmente, el Distrito Centro está constituido por trece barrios (Mapa 2): Plaça dels Patins, Sant Jaume, La Missió, La Seu, Montision, Cort, La Calatrava, Es Mercat, Es Sindicat, Sant Nicolau, Sa Llotja-Born, Jaume III y Puig de Sant Pere. Todos ellos constituyen el casco histórico de Palma, y sus límites son los de la antigua muralla, que fue en su mayor parte derribada en 1902.

En este estudio no se ha incluido el barrio denominado Moll Vell, también integrado dentro del Distrito Centro, pues se trata de un barrio conformado básicamente por una zona portuaria que, por sus grandes dimensiones, se decidió excluir del análisis cuando se vio que la toma de datos de temperatura excedía el tiempo recomendado (1 hora aproximadamente) para que las variaciones de temperatura no se vieran condicionadas por el enfriamiento natural del suelo a lo largo de la noche.

El Distrito Centro de Palma, como en muchos otros centros históricos mediterráneos, tiene, en general, un entramado de calles irregular. Es un barrio con densidades edificatorias relativamente altas, propias de un casco urbano de estas características, donde encontramos un patrimonio arquitectónico de mucha riqueza, y donde las edificaciones son de diversas épocas. La zona de estudio así considerada ocupa una superficie de 1,41 km², equivalentes a 141,35 Ha. Se divide en dos grandes sectores principales: la Ciudad Alta y la Ciudad Baja, separadas por la vaguada por la que corría el antiguo cauce fluvial de Sa Riera.

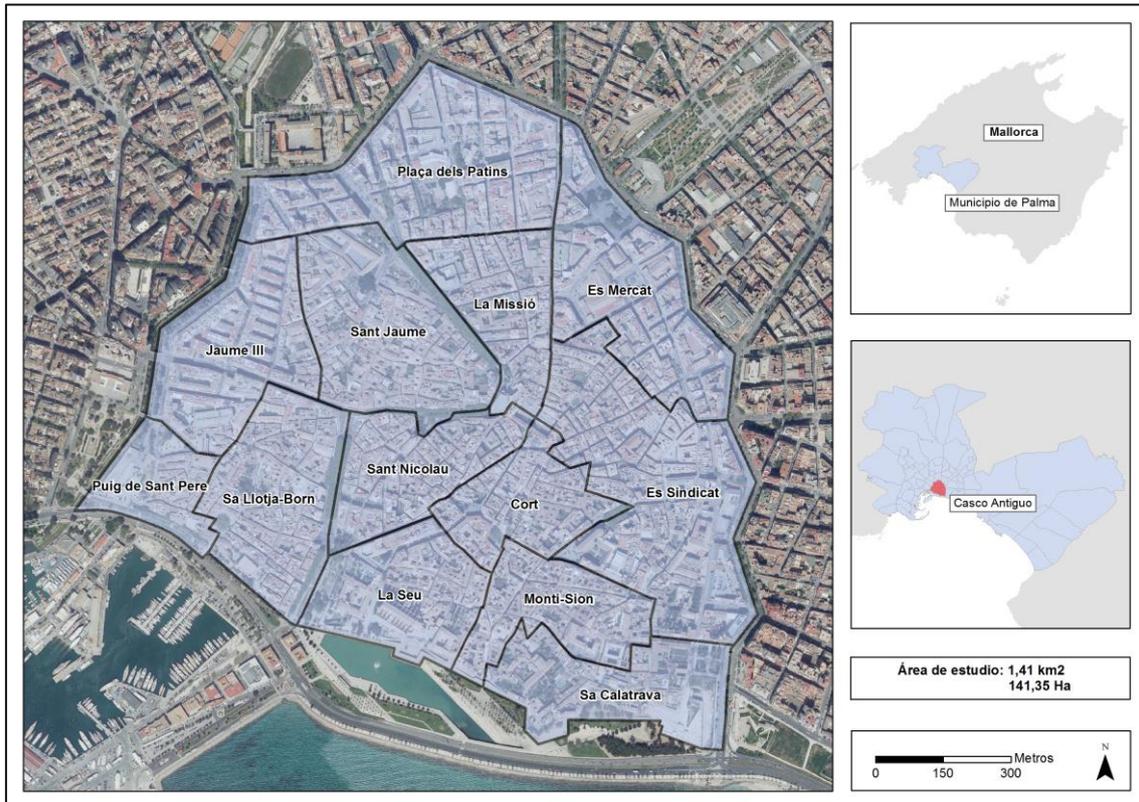
La construcción básica de la estructura urbana actual del centro histórico de Palma tiene lugar en los siglos X, XI, XII, es decir en la época musulmana. En estos siglos se produce una expansión espectacular de la ciudad, que se contaba, según Torres Balvás, entre las ocho más populosas y extensas de Occidente (García-Delgado, 1979). Con la entrada en la ciudad del rey Jaume I, en 1229, la urbe pasa a denominarse Ciutat de Mallorca. Aunque se mantiene el perímetro y las puertas de la muralla musulmana, el trazado de calles y el sistema islámico de distribución de aguas, a partir de la conquista catalana se implanta un nuevo modelo de ciudad que, entre otras cosas, se traduce en el desarrollo de una nueva arquitectura y la implantación de un trazado regular de sus calles en nuevas urbanizaciones (González, 2001). A mediados del siglo XVI se comenzó a construir la quinta y última muralla, conocida como muralla renacentista, obra del ingeniero italiano Jacobo Palearo, construcción que incluía, como parte destacable del proyecto, el desvío del torrente de Sa Riera (mortífero y devastador en sus históricas crecidas), haciéndolo desembocar fuera de la ciudad (Grimalt, 1989), trasladando su cauce hacia una zona más elevada de la ciudad (actualmente, el Passeig de Mallorca, colindante con el barrio del Puig de Sant Pere (Mapa 1).



Mapa 1. *La ciutat de Mallorca* según un mapa de Antoni Garau, del año 1644.
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).

El torrent de Sa Riera, antes de la alteración de su cauce natural, cruzaba el centro urbano de la ciudad intramuros, prácticamente siguiendo su eje central. El cauce pasaba a través del actual trazado de La Rambla (genérico fluvial convertido en topónimo) y su continuación en la calle Unió, la Plaça del Mercat y, finalmente, el Passeig des Born, vía al final de la cual las aguas desembocaban en el mar Mediterráneo. A partir del año 1943 se acometió muy parcialmente un Plan de Reforma Interior, el Plan Alomar, con el que se abrieron vías más amplias como la avenida de Jaume III o el Passeig de Mallorca, edificadas siguiendo un criterio de unidad en lo referente a las alturas y el estilo. Sin embargo, buena parte del antiguo casco intramuros se caracteriza todavía por tener unas calles estrechas flanqueadas por edificios antiguos. En ellas se concentra la actividad comercial y en general administrativa de la ciudad, sin olvidar la función residencial.

Desde un punto de vista geográfico, Palma y la zona de estudio se ubican al sur de la isla, y su emplazamiento es plenamente marítimo, frente a una ancha bahía (Mapas 1 y 2). Este hecho es relevante por los efectos que ocasiona en el clima de la ciudad, reduciendo la oscilación térmica diaria y moderando las temperaturas, debido a su efecto termorregulador que ejerce el mar sobre la ciudad. Por otra parte, el régimen de vientos está condicionado por la presencia de un régimen regular de brisas marinas (Alomar Garau, 2012), fenómeno que también tiene efectos en la distribución final de las temperaturas.



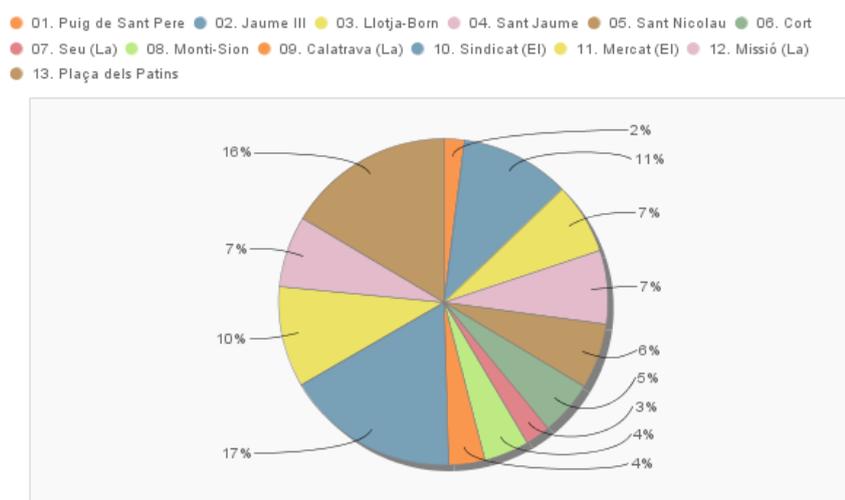
Mapa 2. Distrito Centro de Palma y su división en barrios. Localización en la isla de Mallorca y en el término municipal de Palma. Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a aspectos climáticos, según la clasificación de Köppen-Geiser, la ciudad de Palma entra dentro de los climas templados (Grupo C). Esta clasificación climática identifica cada tipo de clima con una serie de letras, donde la primera letra indica el gran grupo (En el caso de nuestra área de estudio es clima templado), la segunda letra explica el régimen de lluvias y la tercera el comportamiento de las temperaturas en verano. En Palma se observan períodos marcadamente secos en verano (s), donde la precipitación del mes más seco del verano es inferior a la tercera parte de la precipitación del mes más húmedo, y algún mes tiene precipitación inferior a 30 mm. En términos de temperatura, coincide en estas premisas, donde el verano es caluroso ya que se superan los 22 °C de media en el mes más cálido y las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año (a). Por lo tanto, la ciudad de Palma se incluye dentro de la clasificación Csa, también conocida como clima Mediterráneo. (Meteorología y climatología de Navarra, 2019)

En términos demográficos, en el término municipal de Palma vivían 409.661 habitantes en el año 2018. La población residente en el Distrito Centro era de 23.124 habitantes, lo que quiere decir que en la ciudad intramuros vive alrededor de un 5,6% de los habitantes del municipio de Palma. Según los datos procedentes del Instituto Balear de Estadística (IBESTAT), la barriada de Es Sindicat es la más poblada, con 3.948 habitantes, y la menos poblada es la del Puig de Sant Pere, con 467 habitantes (Tabla 1 y Gráfica 1).

Barrios	Habitantes
01. Puig de Sant Pere	467
02. Jaume III	2490
03. Llotja-Born	1643
04. Sant Jaume	1681
05. Sant Nicolau	1501
06. Cort	1225
07. Seu (La)	581
08. Monti-Sion	1014
09. Calatrava (La)	831
10. Sindicat (El)	3948
11. Mercat (El)	2297
12. Missió (La)	1628
13. Plaça dels Patins	3789

Tabla 1. Población de las barriadas del Distrito Centro de Palma, para el año 2018.
Fuente: Instituto Balear de Estadística (IBESTAT).



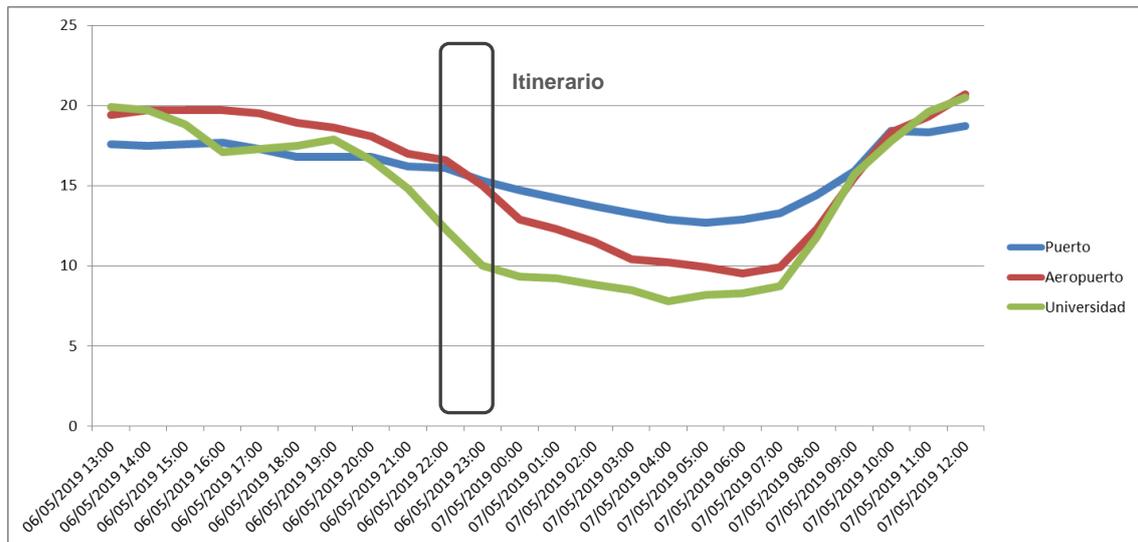
Gráfica 1. Distribución de la población (%) en las barriadas del Distrito Centro de Palma, para el año 2018. Fuente: Instituto Balear de Estadística (IBESTAT).

3. METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente trabajo se ha procedido a una toma de datos de temperatura y humedad mediante salida de campo realizada la noche del 6 de mayo de 2019, en plena estación de primavera. La toma de datos se realizó en 58 diferentes puntos de mediada dentro del área de estudio, previamente seleccionados, y mediante el recorrido de un itinerario (transecto) previamente diseñado. El recorrido totaliza una longitud de 10.598 m (Mapa 5). Tiene su inicio en la plaza de la Porta des Camp y su final en la Avinguda Comte de Sallent. La hora de inicio se estableció en las 22:40 hora local, es decir dos horas después de la puesta de sol en Palma, hora considerada adecuada para detectar las variaciones del enfriamiento nocturno en la ciudad. La elección del día de salida también fue premeditada, ya que se esperó a que el parte meteorológico indicara que las condiciones meteorológicas eran idóneas para este tipo de estudio, es decir tiempo anticiclónico y, sobre todo, cielos despejados, con lo que se evita que el enfriamiento nocturno pueda estar obstaculizado por la presencia de nubes.

En relación con las condiciones meteorológicas en el momento de la toma de datos, y haciendo coincidir nuestros datos con los datos extraídos de cuatro estaciones oficiales de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) más cercanas al área de estudio, en términos de viento la estación de Palma/Puerto registraba a las 22:00 h. un viento del suroeste y 5 km/h de intensidad, mientras que a las 23:00 h. se indicaba calma. En la estación Palma/Dique del Oeste, el viento a las 22:00 h. era del suroeste y de 10 km/h, y de 5 km/h a las 23:00 h. En la estación de Palma/Universidad se registró calma absoluta durante la realización del itinerario, mientras que en la de Palma/Aeropuerto, situada en la periferia rural de la ciudad, se registraban vientos de 12 km/h a las 22:00h, del suroeste, y de 4 km/h de dirección noreste a las 23:00 h. Estos datos muestran la idoneidad de las condiciones atmosféricas a la hora de proceder a la medida de las temperaturas, pues las condiciones de viento reinante no tienen capacidad de influir en el enfriamiento del suelo urbano a lo largo de la noche.

En cuanto a los datos oficiales de temperatura, a efectos comparativos se ha realizado una gráfica (Gráfica 2) que muestra la evolución horaria de las temperaturas en 24 horas, de las estaciones antes indicadas, que son aquellas más cercanas al área de estudio, con el objetivo de disponer de una referencia de la variación de las temperaturas antes, durante y después de la salida de campo.



Gráfica 2. Variación horaria de la temperatura (°C) en tres estaciones meteorológicas oficiales de Palma, entre las 13:00 h. del día 6 de mayo de 2019 y las 12:00 h. del día 7 de mayo de 2019. En el recuadro se resalta el tramo horario considerado en el presente trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, con el fin de obtener una imagen de la distribución de temperaturas en el centro histórico de Palma para la fecha y la hora establecidas, se aplicó el método de los transectos urbanos, lo que significa que la recopilación de datos se consumió a lo largo de un itinerario previamente diseñado en el que se señalaron un total de 58 puntos de medida (Mapas 3 y 4). La distribución espacial de estos puntos se diseñó con el objetivo de abarcar el máximo espacio posible dentro de la zona de estudio, y con el objetivo de abarcar diferentes configuraciones urbanas, edificatorias y viarias: calles estrechas, grandes avenidas, plazas y parques, así como edificios de diferentes alturas.

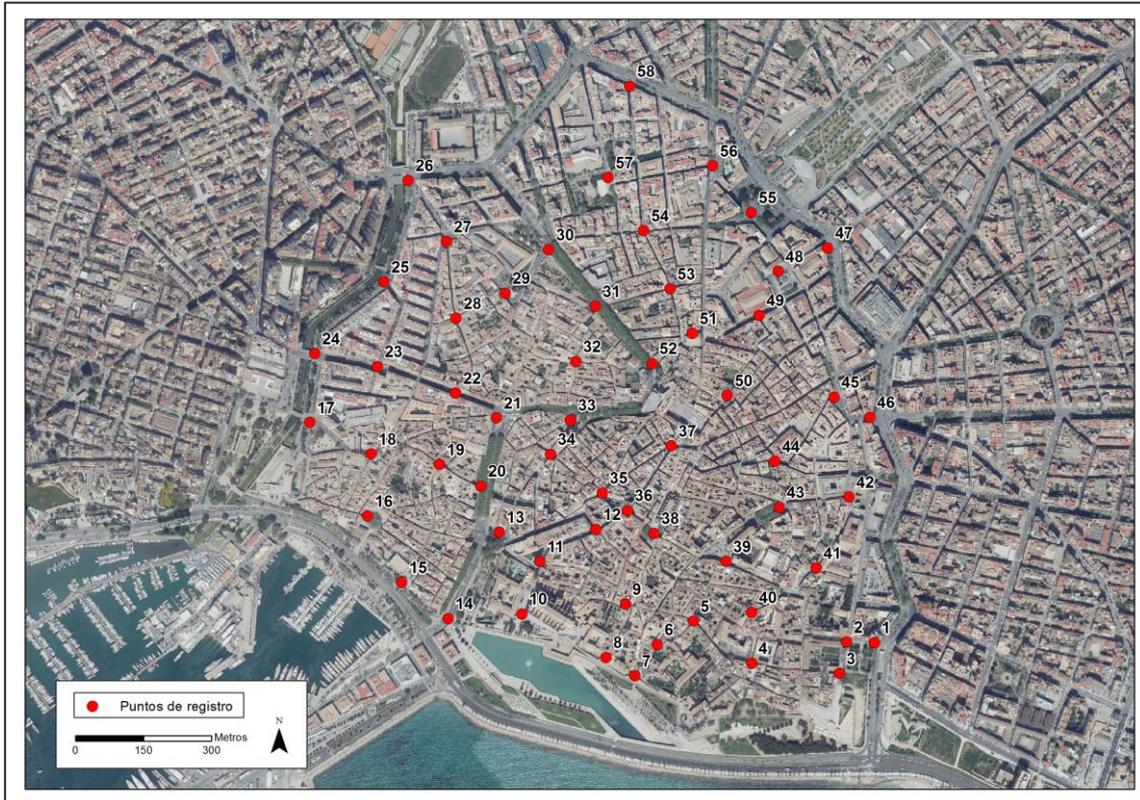
Originalmente, el itinerario se confeccionó con la intención de completar el trayecto con la ayuda de un medio de transporte no motorizado, más concretamente en bicicleta, pues este tipo de vehículo permite una fácil accesibilidad y movimiento por todo el entramado de calles, movimiento que no es siempre factible con medios de transporte motorizados. El lunes 15 de abril se realizó una primera salida en bicicleta a modo de prueba. El objetivo de ésta fue comprobar que el tiempo de ejecución del circuito se ajustaba al intervalo de tiempo establecido para un estudio de isla de calor (OKE, 1987), donde conviene completar el recorrido en aproximadamente 1 hora. El motivo de poner un límite horario al recorrido es que si, se excede este límite, la disminución de la temperatura en un punto puede deberse al enfriamiento natural del aire durante la noche, y no a circunstancias antrópicas, que es precisamente aquello que tratamos de buscar. Exigidos por esta restricción, se optó por cambiar de vehículo y optar por una motocicleta, cosa que supuso la necesidad de rediseñar el primer itinerario y la situación de los puntos de medida. El nuevo recorrido se adaptó a las capacidades de movilidad del vehículo motorizado finalmente escogido, concretamente una motocicleta marca Honda modelo Vision 108 cc | 102 kg | 9 cv.

El itinerario se completó en 1h y 11 minutos (71 minutos). Además, una vez finalizado éste, se procedió a retornar al punto de inicio (la Porta des Camp) y volver a registrar la temperatura en este punto para comprobar si la variación de temperatura a lo largo de esos 71 minutos se podía haber debido o no al enfriamiento natural, comprobación que dio un resultado negativo, pues se observó que, una vez retornados al punto de inicio, la temperatura no había variado entre la hora de comienzo y de final del recorrido (Mapa 5).

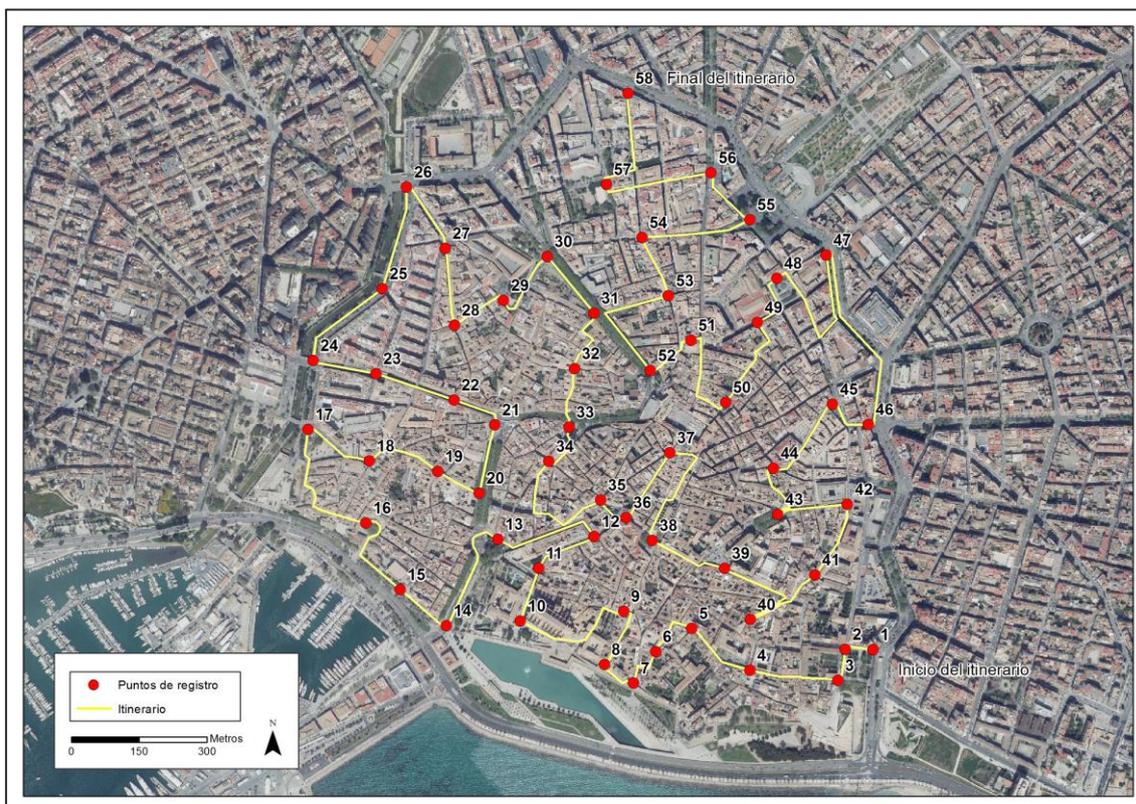
Para la obtención de los datos de temperatura se utilizó un termohigrómetro cuyo sensor se mostró muy sensible a la mínima variación de temperatura, y con un alto nivel de exactitud. En concreto, se utilizó el termohigrómetro digital de sonda fija, TFA 31.1028 Dewpoint Pro—Termómetro/Hidrógrafo digital. Su resolución para la humedad es de 0,1%, y para la temperatura es de 0,1° C. El rango de humedad oscila entre 5%–95% y el rango de temperatura entre -40° C y +70° C. El termohigrómetro se acopló en el retrovisor derecho de la motocicleta, colocación establecida con el objetivo de que el sensor no se viera perturbado por el calor generado por el motor del propio vehículo.

Los datos recopilados durante el recorrido fueron anotados en un estadillo preparado al efecto, en el que se dibujaron varias columnas de datos: punto de medida numerado, temperatura, humedad, hora de la medida y topónimo de localización de cada punto (Tabla 2).

Una vez realizado el recorrido, se procedió a digitalizar los datos introduciéndolos en una hoja de cálculo Excel. A partir de aquí, mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), en concreto el *software* ArcGIS v. 10.1, se procedió a crear un *shapefile* de los puntos con sus respectivos datos de temperatura y humedad. Como mapa base de referencia se utilizó la ortofoto del año 2015. Finalmente se procedió a realizar una interpolación de los datos de punto, para lo cual se escogió la función de interpolación Inversa de la Distancia Ponderada (IDW), por ser la función que mejor representó la distribución de temperaturas. Se aplicó un tamaño de celda de la capa raster de salida de 5 m. Como valor de Potencia, que permite controlar la significancia de puntos conocidos en los valores interpolados basándose en la distancia desde el punto de salida, se escogió el valor predeterminado de 2. También se aplicó un límite de extensión geográfica a la interpolación, el establecido por la capa de polígono del Distrito Centro.



Mapa 3. Distribución de los puntos de registro de datos de temperatura y humedad en la ciudad intramuros. Fuente: Elaboración propia.



Mapa 5. Itinerario y puntos de registro de temperatura y humedad, con indicación del punto de inicio (1) y final (58) del recorrido. Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos a partir de los análisis realizados (Tabla 2, Gráfica 3, Mapa 6, Mapa 7).

La temperatura en el punto de inicio del itinerario (plaza de la Porta des Camp) es de 16,4°C. Al ser una posición colindante con la Avenida Gabriel Alomar i Villalonga, se trata de un emplazamiento relativamente abierto, con un tráfico de vehículos notable si se compara con el resto de emplazamientos de la zona de estudio. Una vez sumergidos por la primeras callejuelas, se advierte que la temperatura tiende a aumentar, pues en la calle Santa Fe es de 16,3°C, en la calle Posada de Montserrat es de 17,1°C, en la calle Sant Alonso es de 17,4°C, y junto a los Banyes Àrabs es 17,2°C. Esto significa que entre el punto de inicio y el punto 6 se aprecia una variación térmica relativamente significativa, con un incremento térmico de 1°C entre ambos puntos, cosa que sugiere que el barrio de Sa Calatrava se presenta como uno de los más cálidos de todo el área de estudio (Mapa 6, Mapa 7). Prosiguiendo el itinerario, la temperatura en La Portella es de 16,9°C, en Dalt Murada es de 16,4°C, y frente a la Catedral de 16,3°C, con lo cual la temperatura disminuye respecto de los puntos precedentes, probablemente a causa de la cercanía inmediata al mar en esta zona. Los puntos 11 y 12 (el Parlament, con 16,5°C y el Palau Reial/Carrer de la Victòria,

con 16,4°C), nos trasladan al punto de registro número 13, situado en la Plaça de la Reina, que da el dato de 16,6°C, dato relativamente frío que se explica por la presencia notable de vegetación en el lugar, y por ser un lugar abierto y contiguo al antiguo curso del torrente de Sa Riera, donde, además, la humedad ha aumentado ligeramente (72,6%).

En Sa Llotja (16,3°C) y la Plaça de Drassanes (16,3°C) se observan datos de humedad relativamente más altos (72,9% y 73,9%, respectivamente). En la Porta de Santa Catalina (16,8°C) los resultados resultan un tanto inesperados, pues aquí se registra un ligero aumento térmico, cuando en realidad nos encontramos en los alrededores de Sa Riera, donde la humedad (73,9%) es de las más altas registrada durante el recorrido. Adentrándonos por Santa Creu (16,6°C) se llega a la calle Sant Feliu, lugar en el que se obtiene el segundo registro más alto (17,3°C), y donde se observa el consiguiente descenso de la humedad relativa (68,4%), un 4,4% menos respecto del punto de medida anterior (Santa Creu). En el Passeig des Born (16,5°C) y en la Plaça Joan Carles I (Plaça de les Tortugues) se obtiene un valor de 16,3°C, de manera que aquí vuelve a disminuir la temperatura, mientras que el porcentaje de humedad aumenta (72%), a causa de su emplazamiento en el antiguo cauce del curso fluvial de Sa Riera, pero también a causa de la presencia de vegetación en forma de árboles de gran porte (plátanos).

El itinerario nos lleva a los puntos 22 y 23, situados a lo largo de la avenida Jaume III (17°C y 16,6°C respectivamente). Esta vía está considerada una de las principales arterias comerciales de la ciudad, y conduce al Passeig de Mallorca, donde se han ubicado tres puntos de registro. En el Passeig de Mallorca la temperatura disminuye de una forma clara (16,1 °C, 15,9°C y 16°C), y la humedad se ve incrementada de manera notable (72,5%, 74,8% y 75%). Esta disminución no resulta extraña, ya que se trata de una zona que bordea el actual cauce de Sa Riera, el cual durante la toma de datos tenía una lámina de agua. El itinerario nos transporta de nuevo para adentrarnos en un entramado urbano de calles estrechas (calle Bonaire, con 16,3°C), punto donde se completa la mitad del itinerario. En la calle de la Pietat la temperatura es de 16,6°C. En esta zona se sigue el mismo patrón de temperaturas que en las callejuelas donde ya se ha estado, y en donde siempre se aprecian aumentos de temperatura. Una vez pasado el punto de registro de la Plaça de l'Hospital (16,4°C), se alcanza el punto 32, la Costa de la Sang, con 16,3°C. En el punto precedente a la entrada en La Rambla se obtiene una temperatura de 16,1°C, es decir una disminución térmica, que va acompañada del consiguiente aumento de la humedad relativa (72,5%). El recorrido continúa por la calle de las Caputxines (17°C) hasta llegar a la Plaça del Mercat (16,5°C y 71,5%). Sigue por la calle de Sant Nicolau (16,4%), la Costa d'en Brossa (16,9°C) hasta llegar a la Plaça de Cort (16,7°C), frente al Ayuntamiento de Palma. Pasando por el punto 37 de la calle Marqués del Palmer (16,7°C) se llega a la plaza de Santa Eulàlia (16,1°C) y de Sant Francesc (16,4°C), ambos puntos con patrones urbanísticos semejantes. Seguidamente, el itinerario se adentra en la calle de Montision (16,4°C), y después por las calles estrechas del Pes de sa Palla (16,5°C) y la calle Socorro (16,6°C), hasta llegar a la Plaça Quadrado (16,2°C), plaza con gran presencia de vegetación donde, de forma lógica, la temperatura disminuye y la humedad aumenta (72,8%). Pasando por el Pes de Sa Farina (16,7°C) se llega a la Porta de Sant Antoni (16,4°C), antiguamente un punto de entrada a la ciudad antes del derribo de las murallas.

Llegados a los puntos 45 y 46, en la Avinguda Alexandre Rosselló se obtienen unos valores de 17°C y 16,6°C, con lo que la temperatura experimenta aquí un ligero

aumento, debido a que se trata de una de las arterias principales de la ciudad, que soporta altas densidades de tráfico durante todo el día y parte de la noche. Se prosigue el itinerario hasta llegar a los puntos de registro 48 y 49, es decir la Plaça del Comtat del Rosselló y el Mercat de l'Olivar (16,2°C), ambos lugares con un registro de temperaturas parejo. En la Plaça del Banc de l'Oli se obtienen 16,1°C.

Llegados a este punto del recorrido se observa una variación térmica significativa, pues en la Costa de la Pols la temperatura es de 17,1°C, y en el siguiente punto, situado en la vaguada de La Rambla (frente a las escaleras de la Plaza Major), la temperatura disminuye bruscamente hasta los 15,9°C, cosa que se explica, nuevamente, por su localización en una vaguada y por tratarse de una vía cubierta con grandes árboles. Ambos puntos están separados por una distancia de apenas 108 metros, y en cambio la bajada de la temperatura es de 1,1°C, mientras que la humedad relativa ha aumentado un 4,2%. Se prosigue por calle de la Missió (16,1°C) hasta la Plaça d'Espanya, donde los puntos de registro localizados en el Carrer Oms, la Plaça d'Espanya y el Carrer de Sant Miquel registran 16,2°C. En la Plaça del Bisbe Berenguer de Palou, conocida comúnmente como Plaça dels Patins, se registra una nueva bajada de temperatura (15,9°C), contrastando con la que se obtiene en los puntos precedentes. En el último punto del recorrido, la Avinguda Comte de Sallent, la temperatura vuelve a aumentar (16,8°C), ya que nos encontramos nuevamente en una vía con tráfico y de mucho volumen edificatorio.

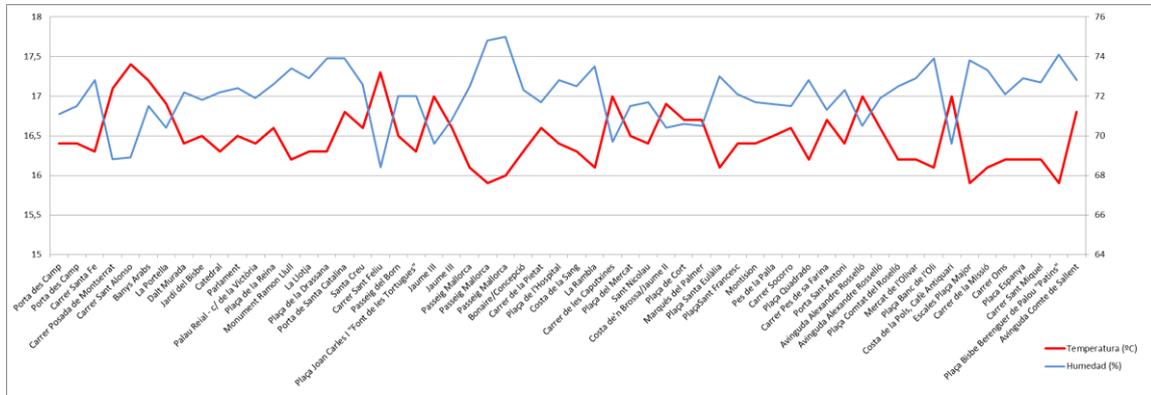
Punto GPS	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Hora	Topónimo de localización
1	16,4	71,1	22:40	Porta des Camp
2	16,4	71,5		Porta des Camp
3	16,3	72,8		Carrer Santa Fe
4	17,1	68,8		Carrer Posada de Montserrat
5	17,4	68,9		Carrer Sant Alonso
6	17,2	71,5		Banys Àrabs
7	16,9	70,4		La Portella
8	16,4	72,2		Dalt Murada
9	16,5	71,8		Jardí del Bisbe
10	16,3	72,2		Catedral
11	16,5	72,4		Parlament
12	16,4	71,9		Palau Reial/Carrer de la Victòria
13	16,6	72,6		Plaça de la Reina
14	16,2	73,4		Monument a Ramon Llull
15	16,3	72,9		La Llotja
16	16,3	73,9		Plaça de la Drassana
17	16,8	73,9		Porta de Santa Catalina
18	16,6	72,6		Santa Creu
19	17,3	68,4		Carrer Sant Feliu
20	16,5	72		Passeig del Born
21	16,3	72		Plaça Joan Carles I (Plaça de les Tortugues)

Distribución geográfica de la temperatura nocturna en el casco urbano intramuros de Palma (Mallorca)

22	17	69,6		Jaume III
23	16,6	70,8		Jaume III
24	16,1	72,5	23:06	Passeig Mallorca
25	15,9	74,8		Passeig Mallorca
26	16	75		Passeig Mallorca
27	16,3	72,3		Carrers Bonaire/Concepció
28	16,6	71,7		Carrer de la Pietat
29	16,4	72,8		Plaça de l'Hospital
30	16,3	72,5		Costa de la Sang
31	16,1	73,5		La Rambla
32	17	69,7		Carrer de les Caputxines
33	16,5	71,5		Plaça del Mercat
34	16,4	71,7		Sant Nicolau
35	16,9	70,4		Costa d'en Brossa/Jaume II
36	16,7	70,6		Plaça de Cort
37	16,7	70,5		Marqués del Palmer
38	16,1	73		Plaça Santa Eulàlia
39	16,4	72,1		Plaça Sant Francesc
40	16,4	71,7		Montision
41	16,5	71,6		Pes de la Palla
42	16,6	71,5		Carrer Socorro
43	16,2	72,8		Plaça Quadrado
44	16,7	71,3	23:30	Carrer Pes de sa Farina
45	16,4	72,3		Porta Sant Antoni
46	17	70,5		Avinguda Alexandre Rosselló
47	16,6	71,9		Avinguda Alexandre Rosselló
48	16,2	72,5		Plaça Comtat del Rosselló
49	16,2	72,9		Mercat de l'Olivar
50	16,1	73,9		Plaça Banc de l'Oli
51	17	69,6		Costa de la Pols (Cafè Antiquari)
52	15,9	73,8		La Rambla/escales Plaça Major
53	16,1	73,3		Carrer de la Missió
54	16,2	72,1		Carrer Oms
55	16,2	72,9	23:47	Plaça d'Espanya
56	16,2	72,7		Carrer Sant Miquel
57	15,9	74,1		Plaça Bisbe Berenguer de Palou (Plaça dels Patins)
58	16,8	72,8	23:51	Avinguda Comte de Sallent

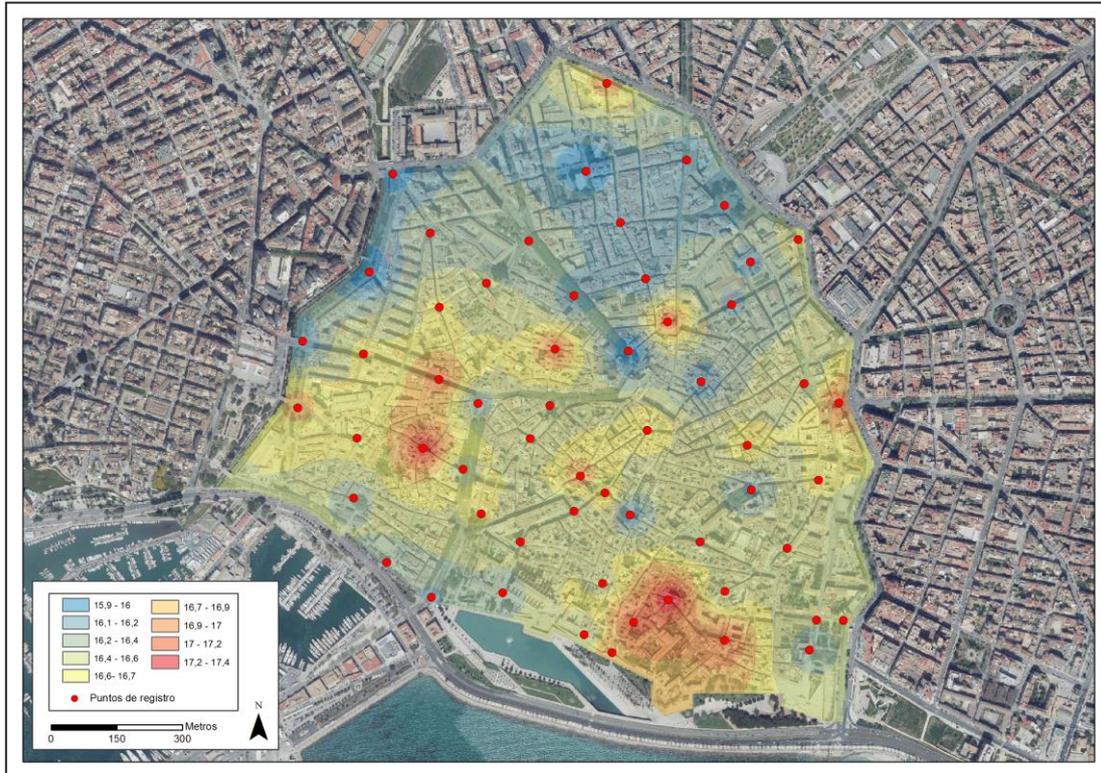
Tabla 2. Datos de temperatura y humedad para cada punto considerado (noche del 6 de mayo de 2019). Fuente: Elaboración propia.

Distribución geográfica de la temperatura nocturna en el casco urbano intramuros de Palma (Mallorca)

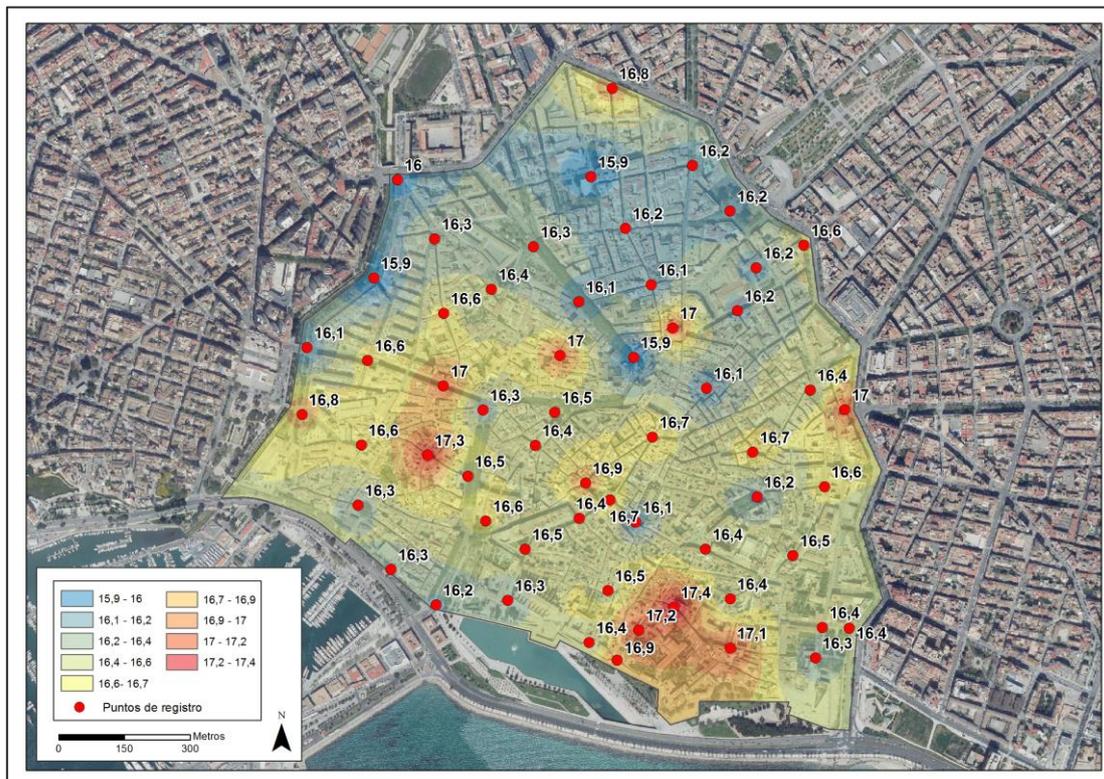


Gráfica 3. Perfil térmico (°C) e higrométrico (%) del recorrido realizado la noche del 6 de mayo de 2019. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, de acuerdo con la Gráfica 3, se observa que la ciudad intramuros de Palma se comporta en líneas generales como un medio homotérmico, es decir como un medio con una temperatura similar en toda su extensión, pues la variación entre el punto que registra una mayor temperatura (17,4°C) y el punto de menor temperatura (15,9°C) es de apenas 1,5°C. En la Gráfica 3 también se pone de manifiesto la relación existente entre la temperatura y la humedad relativa del aire, pues la capacidad del aire para admitir vapor de agua es limitada, y esto depende de la temperatura: una masa de aire frío tiene menor capacidad de contener vapor de agua (y se saturará más fácilmente), de manera que cuando la temperatura disminuye, la humedad relativa aumenta.



Mapa 6. Distribución de las temperaturas (°C) en el Distrito Centro de Palma, para la noche del 6 de mayo de 2019. Fuente: Elaboración propia.



Mapa 7. Temperaturas (°C) de los 58 puntos de registro distribuidos en Distrito Centro de Palma, para la noche del 6 de mayo de 2019. Fuente: Elaboración propia

5. DISCUSIÓN

A la vista de los resultados obtenidos en el presente trabajo, podemos establecer varias conclusiones preliminares: la primera de ellas es que, examinando las áreas cuyas temperaturas son relativamente más bajas, se concluye que estas áreas coinciden con espacios relativamente abiertos, en forma de plazas de diferente tamaño y siempre con vegetación, como es el caso de la plaza Porta des Camp, la Plaça Drassanes, la Plaça Santa Eulàlia, la Plaça Quadrado, la Plaça Banc de l'Oli, la Plaça Comtat Rosselló, la Plaça España y la Plaça dels Patins. Los relativos descensos de temperatura en estos lugares hay que atribuirlos a dos factores: el primero es el hecho de que se trata de áreas abiertas, con lo que se favorece que la radiación solar acumulada durante el día tenga más facilidad para escapar y no quedar retenida en el interior de estos espacios; el segundo factor es que la presencia de vegetación también favorece el enfriamiento.

De acuerdo con los datos obtenidos en nuestro trabajo, la Plaça dels Patins, la avenida de Jaume III y la calle de la Missió son zonas con unos registros térmicos más frescos, como también lo son, de manera destacable, la vía que sigue el antiguo curso del torrente de Sa Riera, cuya estructura lineal favorece la canalización de los flujos catabáticos de aire frío durante la noche. Lo mismo ocurre en el caso de la zona del Passeig de Mallorca.

Por el contrario, en cuanto a los puntos donde se registran las temperaturas relativamente más altas, estos están situados en calles estrechas y sinuosas, flanqueadas por edificios de varias plantas, lo que favorece la dificultad de perder el calor allí retenido durante el día. Esto se aprecia en calles como la de San Feliu, Posada de Montserrat o Sant Alonso, así como también la calle de las Caputxines o en la Costa de la Pols. También se han registrado valores relativamente altos en arterias más anchas pero con más tráfico rodado, con cierta densidad poblacional y con gran actividad comercial o administrativa, como es el caso de la Avinguda Alexandre Rosselló y la Avinguda Comte de Sallent.

Si se comparan los resultados obtenidos en este estudio con estudios similares relativos al fenómeno de la isla de calor nocturna, se puede afirmar que todos estos trabajos presentan resultados en general coincidentes. Así, según Alomar y Llop (2018) y Ramis et al. (2002), algunas de las temperaturas más altas se registran en la parte oriental del casco urbano intramuros, lo que coincide con los resultados de nuestro trabajo, según los cuales las barriadas orientales de Sa Calatrava, Montision y Es Sindicat, junto a Sa Llotja-Born, en la parte central de la zona de estudio, son zonas en donde los valores térmicos son mayores.

6. CONCLUSIONES

A raíz del análisis de los resultados obtenidos, se puede afirmar sin titubeos que el centro histórico intramuros de Palma se comporta durante la noche examinada como un medio relativamente homotérmico, es decir un medio con una temperatura similar en toda su extensión. Esta certeza es debida a que la oscilación de la temperatura entre los puntos con mayor temperatura y los puntos con menor temperatura es poco pronunciada, de 1,5°C. Es un resultado que se puede considerar razonable, ya que en el casco antiguo de Palma no hay grandes áreas que puedan ser claramente diferenciadas de otras por su distinta configuración urbana o poblacional. Las diferencias térmicas dentro del área de estudio se deben principalmente a diferencias menores en los patrones urbanísticos encontrados durante el recorrido, a lo que se añade la presencia o no de vegetación, y, sobre todo, a la influencia de la geomorfología, ya que en las vaguadas interiores la temperatura desciende, aunque lo haga ligeramente.

Por otra parte, nuestro estudio se enmarca dentro de un estudio más amplio de las temperaturas en áreas urbanas como la de Palma y las de otras poblaciones de Mallorca y de las Baleares. En un escenario de cambio climático como el que se está viviendo en la actualidad, los pequeños altibajos registrados en distintos sectores de la ciudad intramuros pueden resultar de gran utilidad a la hora de planificar nuevos proyectos urbanísticos o remodelar los ya existentes, con vistas a procurar ambientes más frescos cuando la situación climática o meteorológica así lo requiera.

Finalmente, este trabajo crea un precedente en el análisis de la distribución de temperaturas en el centro histórico de la ciudad mediterránea de Palma, pues está contribuyendo, mediante un análisis detallado en un único distrito de la ciudad, al estudio del fenómeno de la isla de calor urbana. Evidentemente, se trata de un trabajo que puede seguir extendiéndose en su contenido y consistencia, ya que tan solo se ha realizado una toma de datos en una fecha concreta del mes de mayo (primavera). La intención futura es realizar un estudio que amplíe y complete en lo posible el que se ha presentado ahora, con el objetivo de entender mejor cómo se comporta térmicamente el casco histórico de Palma a lo largo de todas las estaciones del año y en cada mes. La primera piedra ya está colocada en el camino.

7. AGRADECIMIENTOS

El hecho de que este estudio sea a día de hoy una realidad, es fruto de la relación y las conexiones humanas que he vivido, no solo a lo largo de este último semestre, sino en el transcurso de todos los años que he estado matriculado en el Grado de Geografía en la Universidad de la Islas Baleares.

Principalmente, agradecer la inestimable aportación del tutor asignado, el Dr. Gabriel Alomar Garau, que desde el primer momento ha demostrado una implicación encomiable, tanto en la asignación de la temática del trabajo como en la resolución de dudas y problemáticas surgidas a lo largo de la confección del estudio. Con valiosísimos consejos y conocimientos de los cuales he podido nutrirme. También he de agradecer su presencia durante la salida de campo realizada.

Cómo no, también agradecer a mi familia, que en todo momento ha estado aconsejándome con un más que notorio uso de la razón y afecto.

Agradecer también a los compañeros que a lo largo de estos años hemos compartido tanto inquietudes como conocimientos. En especial a Arnau Romero Sastre, al fiar el termohigrómetro imprescindible para la confección del estudio, y siempre dispuesto a echar una mano desinteresadamente.

No olvidar a la mayor parte del profesorado, que con un talante noble ha contribuido a la adquisición de los conocimientos necesarios, no solo para ultimar este estudio, sino por el aprendizaje, formación y preparación necesarios para afrontar nuevos retos profesionales.

8. BIBLIOGRAFIA

ALOMAR GARAU, G. (2012). *Geografía de la brisa marina a Mallorca. Anàlisi espacial de la seva influència en les precipitacions d'estiu i la seva participació com a factor de localització*. Tesis Doctoral inédita (en catalán). Universitat de les Illes Balears.

ALOMAR GARAU, G. y LLOP GARAU, J. (2018). "La isla de calor urbana de Palma (Mallorca, Islas Baleares). Avance para el estudio del clima urbano en una ciudad litoral mediterránea". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 78: 392-418.

Diario de Mallorca (2017). "El segundo centro histórico catalogado más grande de Europa", 16 de marzo. <https://www.diariodemallorca.es/palma/2017/03/16/segundo-centro-historico-catalogado-grande/1197958.html>

GARCÍA-DELGADO SEGUÉS, C. (1979). *Ciutat de Mallorca: Evolución y permanencia del centro histórico. 2C: construcción de la ciudad*.

Gobierno de Navarra (2019). Meteorología y Climatología de Navarra, *Clasificación climática de Köppen*. <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm>

GONZÁLEZ, J. (2001). "Formación de la trama urbana y transformaciones socioeconómicas recientes en la ciudad de Palma de Mallorca: 1960-2001". *Geographicalia*, 40: 75-100.

GRIMALT GELABERT, M. (1989). "Les inundacions històriques de sa Riera". *Treballs de Geografia*, 42: 19-26.

GUIJARRO, J.A. (1998). "Influencia de la urbanización en las series termométricas de Baleares". *IV Reunión de Climatología: El clima y el factor urbano* (Madrid, 27-28 Feb. 1998): 305-314.

LÓPEZ GÓMEZ, A. y FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1984): "La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano". *Estudios Geográficos*, 174: 5-34.

MORENO GARCÍA, M.C. (1990): *Estudio del clima urbano de Barcelona: la isla de calor*. Departamento de Geografía Física y AGR. Universitat de Barcelona. Tesis Doctoral.

MORENO GARCÍA, M.C. (1999). *Climatología urbana*. Edicions Universitat de Barcelona.

OKE, T.R. (1987). *Boundary Layer Climates*. Routledge, London.

PRECEDO, A. (1996). *Ciudad y desarrollo urbano*. Síntesis, Madrid.

RAMIS, C.; GUAL, M.; PERELLÓ, J. (2002). "La isla de calor urbana en Palma de Mallorca". *Revista Española de Física*, vol. 16: 39-43.

SERRA PARDO, J. (2007). "Estudio de la isla de calor de la ciudad de Ibiza". *Investigaciones Geográficas*, 44: 55-73

TROYA, J.A. (2007). "L'illa de calor nocturna a Inca". VIII Jornades d'Estudis Locals, Inca. Ajuntament d'Inca, pp. 165-173.