



## ISLA DE FRÍO DE LOS PARQUES URBANOS DE BARCELONA. ESTUDIO DE CASO DEL TURÓ PARC Y EL PARC DEL CENTRE DEL POBLENOU

### COLD ISLAND OF THE URBAN PARKS OF BARCELONA, CASE STUDY OF *TURÓ* PARC AND *PARC DEL CENTRE DEL POBLENOU*

#### GARCÍA-HARO, Alan

Universidad Politécnica de Catalunya (UPC)

Departamento de Tecnología de la Arquitectura (TA), Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV)

Estudiante de doctorado

Av. Diagonal 649, 08028 Barcelona, España

Correo electrónico: [alan.garcia.haro@upc.edu](mailto:alan.garcia.haro@upc.edu)

Teléfono: +34 934016396

#### ARELLANO, Blanca

Universidad Politécnica de Catalunya (UPC)

Departamento de Tecnología de la Arquitectura (TA), Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV)

Profesora asociada y Personal de Investigación (PSR)

Av. Diagonal 649, 08028 Barcelona, España

Correo electrónico: [blanca.arellano@upc.edu](mailto:blanca.arellano@upc.edu)

Teléfono: +34 934054383

**Palabras clave:** isla de frío de espacios verdes; microclima urbano; ENVI-met

**Key words:** green spaces cool island; urban microclimate; ENVI-met

#### Resumen

La isla de frío de los parques urbanos (IFP) es la reducción de temperatura que presentan los parques y sus alrededores en relación al tejido urbano continuo dentro del cual se encuentran. En contraste al efecto de isla de calor urbana (ICU) propiciado por las predominantes superficies artificiales, los parques, comúnmente con una mayor concentración de vegetación y superficies permeables, presentan menores temperaturas y generan un efecto de enfriamiento a sus alrededores (Jauregui, 1990; Spronken-Smith & Oke, 1998). La propagación de este efecto fuera del perímetro del parque, se define por la relación entre sus características propias y el microclima de sus alrededores, por lo que reconocer el papel de los atributos de estos espacios en la IFP, resulta crucial en la generación de estrategias para la optimización de dicho efecto y contribuir a paliar la ICU. El presente trabajo estudia la relación entre las características físicas de los parques urbanos y su efecto de enfriamiento a pequeña escala en dos parques urbanos de la ciudad de Barcelona: el *Turó Parc* y el *Parc del Centre del Poblenou*. Con campañas de medición, teledetección y simulación térmica se registraron las variables micrometeorológicas al interior y alrededor de los parques durante el día y la noche en un día de verano. Se calculó la intensidad y alcance del efecto de enfriamiento a partir de las temperaturas de aire ( $T_a$ ) y superficie ( $T_s$ ). Así como con métodos de teledetección y sistemas de información geográfica, se obtuvieron los descriptores físicos de vegetación, tipos de superficies y edificación. Como resultado, el *Turó Parc* registró un alcance de 80m fuera de su perímetro y el *Parc del Centre del Poblenou* 90m, con la mayor intensidad de IFP en la  $T_s$  durante la noche, con 2,89°C y 2,75°C respectivamente, valores consistentes con estudios previos (Kuttler, 2012). En cuanto a los descriptores físicos, la vegetación registró la mayor

influencia sobre las temperaturas. Las primeras aproximaciones resaltan el potencial de sus atributos de diseño y ubicación en la optimización del efecto isla de frío para contribuir a disminuir el calentamiento en las ciudades.

## Abstract

The urban parks cool island (PCI) effect is the reduction of temperature presented by the parks and their surroundings in relation to the continuous urban fabric that they are located. In contrast to the urban heat island effect (UHI), partly caused by the artificialization of surfaces, the parks commonly with a higher concentration of vegetation and permeable surfaces have lower temperatures and generate a cooling effect on their surroundings (Jauregui, 1990; Spronken-Smith & Oke, 1998; Kuttler, 2012). However, the propagation of this effect outside the perimeter of the park is defined by the relationship between its own characteristics and the microclimate of its surroundings, so recognizing the role of the attributes of these spaces in the PCI, is crucial in the generation of strategies to optimize this effect and contribute to the UHI alleviating. The present paper studies the relation between physical characteristics of urban parks and its cooling effect at small scale in two urban parks of the city of Barcelona: *Turó Parc* and *Parc del Centre del Poblenou*. With field measurements, remote sensing and outdoor thermal simulation, micrometeorological variables were recorded inside and around the parks during the day and night on a summer day. The intensity and reach of the cooling effect were calculated from the air ( $T_a$ ) and surface temperature ( $T_s$ ). Then, by remote sensing methods and geographic information systems, the physical descriptors of vegetation, types of surfaces and building index at each measurement point are obtained. As result, *Turó Parc* recorded a reach of 80m outside its perimeter and *Parc del Center del Poblenou* 90m, as well as its highest PCI intensity in the  $T_s$  during night, with 2.89 and 2.75°C respectively, values consistent with previous studies (Kuttler, 2012); and physical descriptors registered vegetation with the highest influence on temperatures. Last, conclusions highlight the potential of their design and location attributes in the optimization of the cooling island effect to help reduce the warming in the cities.

## 1. Introducción

El presente estudio busca identificar la relación entre la composición física de los parques urbanos de Barcelona y su influencia climática, como aproximación al reconocimiento del papel que tiene el diseño de los espacios urbanos en su comportamiento climático en la microescala. Esta investigación se enmarca en el proyecto “*Urban-CLIMPLAN. La isla de calor urbana: efectos en el cambio climático y modelado para estrategias de planeamiento territorial y urbano. Aplicación a la región metropolitana de Barcelona*”. Dirigido por el Dr. Josep Roca Cladera, desarrollado por el Centro de Políticas de Suelo y Valoraciones (CPSV) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). El cual estudia los factores que determinan la isla de calor de la Región Metropolitana de Barcelona (Centre de Política de Sòl i Valoracions [CPSV], 2016).

La isla de calor urbana (ICU) es el incremento de temperaturas que las ciudades presentan en relación a su contexto natural o rural inmediato. Es una manifestación de la perturbación al balance energético de la tierra en las ciudades ocasionado por: 1) la prevalencia de superficies de baja reflectividad que incrementan la absorción de la radiación solar; 2) la reducida



presencia de vegetación y suelo permeable, con poca humedad y sombra en las superficies; 3) la obstrucción de la evacuación convectiva del calor por la morfología urbana y la presencia de vegetación o mobiliario; 4) la liberación de energía residual y gases de efecto invernadero por las actividades antropogénicas; y 4) proximidad a grandes cuerpos de agua, formaciones montañosas u otros elementos geográficos que evitan la movilización del calor generado en las ciudades (United States Environmental Protection Agency [U.S.EPA], 2008).

Por su parte, el efecto de *isla de frío* es la disminución de temperatura que presentan algunos espacios urbanos y el efecto de enfriamiento a su alrededor, generado por características físicas opuestas a los causantes de la ICU (Oke, 1982). La literatura reconoce la vegetación en los espacios urbanos como la mejor medida para reducir su temperatura, no obstante, cuando esta se distribuye de manera aislada, su influencia es ínfima y se ve disipada por el calor del entorno. En cambio, una alta concentración de vegetación incrementa la intensidad de enfriamiento y contribuye a que este influya en el microclima de sus alrededores (Ochoa, 1999).

Ante esto, el efecto de enfriamiento más notable es la *isla de frío de los parques urbanos* (IFP). Los cuales, por su comúnmente abundante vegetación y superficies permeables, aumentan la humedad en las capas inferiores de la atmósfera y reducen las temperaturas en relación a otros espacios dentro del contexto urbano. Dicho efecto se mide con dos indicadores: 1) intensidad, estimada como la diferencia entre la temperatura del entorno urbano y la del parque; y 2) alcance, que comprende la distancia desde el perímetro del parque hasta el punto más alejado donde se extienden las bajas temperaturas provenientes del parque (Spronken-Smith & Oke, 1998).

Tabla 1. Compendio de la IFP en estudios previos

Área (ha)	Parque	Ubicación	Composición	Intensidad (°C)	Alcance (m)	Fuente
3	Kengun Shinto Shrine	Kumamoto	Árboles	2,5 (15:00)	50	Satio y otros, 1990
5	Trafalgar Park	Vancouver	Césped, franja de árboles irrigada	5,0 (noche)	200 - 300	Spronken-Smith & Oke, 1998
10	Westpark	Dortmund	Césped y árboles	4,0 (noche)	150	Bongardt, 2006
18	Stadpark Steglitz	Berlin	/	1,0 (tarde)	80 - 140	von Stülpnagel, 1987
30	Stadpark	Mainz	/	2,0 (mañana)	< 300	Naumann, 1981
44	Schlossgarten	Stuttgart	/	1,3 (media anual) 3,8 (media diaria)	200	Knapp, 1998
80	Falledparken	Copenhague	Césped y árboles	2,1 (22:00)	100	Eliasson & Upmann, 2000
125	Kleingarten Priesterweg	Berlin	Jardín	5,4 (tarde)	250	von Stülpnagel, 1987
156	Slottsskogen	Gothenburg	/	3,3 (18:00)	250	Eliasson & Upmann, 2000
212	Tiergarten	Berlin	Bosque / Césped	4,3 (tarde)	200 - 1.300	von Stülpnagel, 1987
525	Chapultepec	Ciudad de México	Mezcla árboles, césped; no irrigada	4,0 (seco) 1,0 (lluvias)	2.000	Jauregui, 1990

Fuente: Adaptada de Kuttler (2012)

Estudios previos han identificado que la intensidad de IFP presenta valores estables, aunque el alcance registra mayor variabilidad entre diferentes casos (Tabla 1). Un conjunto de parques de características distintas y entre 3 a 500ha, registraron intensidades de 1 a 4°C durante el día y de 2 a 5°C en la noche, mientras que el alcance oscila de los 50 a 2.000m. En estos casos, la mayor intensidad se registra durante la noche (Kuttler, 2012).

En el contexto de Barcelona, los estudios de la isla de frío de los parques urbanos son recientes. A través de mediciones de  $T_a$  al anochecer durante invierno en el *Turó Parc* y el *Parc*



de la Ciutadella, se registró una intensidad de 2°C en ambos y un alcance de 100m en el primero y 200m en el otro (Martin-Vide, Cordobilla, Moreno, & Montlleó, 2015). Mientras que con mediciones de  $T_a$  y  $T_s$  en el *Parc Central* y el área de *Coll Favà* en Sant Cugat del Vallès durante día y noche de verano, e integrando métodos de teledetección para la caracterización de los espacios, se concluyó en una aproximación al reconocimiento de la influencia de la distribución de los tipos de superficies y vegetación, sobre las distintas temperaturas registradas (Arellano & Roca, 2017).

## 2. Datos y métodos

### 2.1 Casos de estudio

Se seleccionó al *Turó Parc* y el *Parc del Centre del Poble Nou* en Barcelona como casos de estudio por sus diferencias en diseño y su contexto (Figura 1). El *Turó Parc*, ubicado en el distrito de Sarrià-Sant Gervasi [41°23'41.07"N, 2°8'26.35"E], presenta una composición de jardín urbano tradicional de Barcelona. Con superficie de 2,91 hectáreas (ha), inmerso en un tejido urbano de densidad media-alta y diseño interior con totalidad de suelo desnudo, algunos espacios cubiertos, juegos infantiles, cuerpos de agua y espacios verdes compuestos por un bosquecillo de encinas, sotobosque de plantas arbustivas y trepadoras.

Por su parte, el *Parc del Centre del Poblenou*, en el distrito de Sant Martí [41°24'25.51"N, 2°11'58.98"E], fue diseñado por el arquitecto Jean Nouvel, alcanza una superficie de 4,39ha, lo rodea un muro perimetral cubierto por un seto de buganvillas y está compuesto por cinco bloques. Contiene un museo, área de juegos, jardín aromático, gimnasio al aire libre, explanadas de usos múltiples y un conjunto de jardines distribuidos por el parque (Ajuntament de Barcelona, 2016).

Figura 1. Ubicación e imágenes del Turó Parc y el Parc del Centre del Poblenou



Fuente: Elaboración propia sobre base de Google maps (2017) e Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (2011)

## 2.2 Registro del comportamiento climático y caracterización de los parques

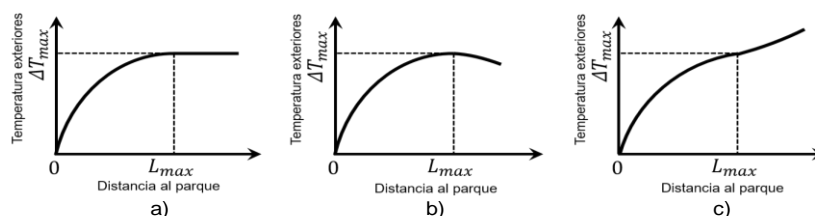
Primero, con instrumentos portátiles se registró la  $T_a$  y  $T_s$ , velocidad del viento y humedad relativa en una serie de puntos al interior y alrededor de los parques. En el *Parc del Centre del Poblenou* se midieron 37 puntos el 16 de Julio de 2017 entre 14:57 a 17:10 hora local, y 17 de Julio entre 02:38 a 05:13. Mientras que en *Turó Parc* se midieron 30 puntos el 17 de Julio entre 14:12 y 16:05hrs y 18 de Julio de 02:00 a 03:38hrs. Se utilizó la estación portátil *Skywatch Windoo 3* posicionada a una altura de 1,5m sobre el suelo y una cámara termográfica *Flir E60* para registrar la temperatura de las superficies con radiación directa del sol, bajo sombra y durante la noche.

Después, se corrieron simulaciones con el modelo microclimático *ENVI-met V4.3.1*. El escenario real de los parques se modeló en una retícula de 450m por lado (5m celda) y se corrió bajo las condiciones meteorológicas correspondientes a los periodos de las mediciones, registradas por la estación más próxima a cada parque, la de Zona Universitaria para el *Turó Parc* y del Zoológico de Barcelona para el *Parc del Centre del Poblenou* (Servei Meteorològic de Catalunya, 2017). Por último, con imágenes multiespectrales de *Landsat 8* del 16 de Julio de 2017, se obtuvo la Temperatura de Superficie del Suelo ( $LST^1$ ) (Artis & Carnahan, 1982; Stathopoulou, Cartalis, & Petrakis, 2007; Sobrino, Jiménez-Muñoz, Soria, Romaguera, & Guanter, 2008), el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada ( $NDVI^2$ ) (Weier & Herring, 2000) y el Índice de Edificación de Diferencia Normalizada ( $NDBI^3$ ) (Zha, Gao, & Ni, 2003). Mientras que la distancia al mar y elevación de los parques se estimó con información del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (2011). Los mapas e imágenes de teledetección se procesaron con ArcGIS.

## 2.3 Definición de los indicadores de la isla de frío

Se calculó el alcance e intensidad de la IFP a partir de las temperaturas registradas. El alcance de la IFP ( $L_{max}$ ) es la distancia entre el parque y el límite de su efecto de enfriamiento; en una serie ajustada de temperaturas ordenadas por distancia al parque, es el punto donde termina la curva de enfriamiento con un cambio de tendencia, cuyos valores posteriores se vuelven constantes (Figura 2a), decrecen (Figura 2b) o crecen (Figura 2c). En este caso, con teledetección, adaptado de Du y otros (2017), se extrajeron las series de  $LST$  media de 50 anillos de 10m de ancho concéntricos a cada parque, donde mediante un ajuste polinomial de seis grados se suavizaron sus fluctuaciones y finalmente se identificó el  $L_{max}$  de manera gráfica con los criterios presentados en la Figura 2. En las mediciones y la simulación no se calcula el alcance, pero se evalúa la continuidad de las temperaturas del parque hacia sus alrededores.

Figura 2. Alcance de IFP en temperaturas: a) constantes; b) decrecientes; y c) crecientes



Fuente: Elaboración propia; Figura 2 adaptada de Lin y otros (2015)

- 1 Del inglés *Land Surface Temperature (LST)*
- 2 Del inglés *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*
- 3 Del inglés *Normalized Difference Building Index (NDBI)*

Por su parte, la intensidad se refiere la diferencia entre la temperatura al interior del parque y la de su entorno urbano (Formula 1). Donde  $\Delta T$  es la intensidad de IFP,  $T_p$  la temperatura media al interior del parque y  $T_u$  la de su entorno urbano. En este estudio, la  $T_u$  corresponde a la temperatura media de los puntos de medición exteriores en las mediciones de campo y a la temperatura del  $L_{max}$  en su cálculo con la  $LST$ , que en la Figura 2 se representa como la intensidad máxima ( $\Delta T_{max}$ ). La IFP implica una intensidad positiva y se mide en °C.

$$\Delta T = T_u - T_p. \quad (1)$$

### 3. Resultados

Los resultados se presentan en dos puntos: 1) comparación de los casos, donde se contrastan los indicadores de IFP, las características físicas y las condiciones climáticas; y 2) análisis de la influencia de las características físicas en el comportamiento climático de cada parque.

#### 3.1 Isla de frío y descriptores físicos: comparación de casos

Los indicadores de isla de frío registran efecto de enfriamiento en ambos parques (Tabla 2). La intensidad ( $\Delta T$ ) indicó valores  $-0,09^\circ\text{C}$  en la  $T_a$  diurna y  $-0,74^\circ\text{C}$  en la nocturna en el *Turó Parc* y  $-1,29^\circ\text{C}$  en la diurna del *Parc del Centre del Poblenou*, lo que refiere a un aumento de temperaturas en el interior del parque durante el día en ambos, y durante la noche en *Turó Parc*. Este efecto es lo opuesto a lo esperado en la isla de frío, sin embargo, como se observa en la Tabla 2, el comportamiento de la  $T_a$  coincide con la temperatura registrada por las estaciones meteorológicas ( $T_e$ ). En Zona Universitaria, se registró durante las mediciones al interior del *Turó Parc*, una  $T_e$  media  $0,03^\circ\text{C}$  mayor que la de las exteriores durante el día y  $0,19^\circ\text{C}$  durante la noche, mientras que en el Zoológico se registró  $T_e$  media  $-0,21^\circ\text{C}$  mayor durante las mediciones diurnas al interior del *Parc del Centre del Poblenou*, pero  $0,20^\circ\text{C}$  menor en la noche.

Tabla 2. Intensidad de isla de frío de los parques

Temperaturas / Indicadores IFP	<i>Turó Parc</i>			<i>Parc del Centre del Poblenou</i>		
	$T_p$ (°C)	$T_o$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$T_p$ (°C)	$T_o$ (°C)	$\Delta T$ (°C)
<b>ESTACION METEOROLÓGICA</b>						
$T_e$ día	29,30	29,27	-0,03	28,71	28,42	-0,21
$T_e$ noche	22,69	22,50	-0,19	23,78	23,98	0,20
<b>MEDICIONES DE CAMPO</b>						
$T_a$ día	31,46	31,37	-0,09	31,87	30,59	-1,29
$T_a$ noche	27,69	26,95	-0,74	26,22	27,13	0,90
$T_e$ MEDIA Sol	41,59	43,01	1,41	42,38	43,92	1,55
$T_e$ MEDIA Sombra	31,24	32,03	0,79	33,00	33,75	0,75
$T_e$ MEDIA Noche	24,10	27,00	2,89	24,47	27,22	2,75
<b>TELEDETECCIÓN</b>						
$LST$	32,23	35,41	3,18	33,32	34,65	1,33

Fuente: Elaboración propia

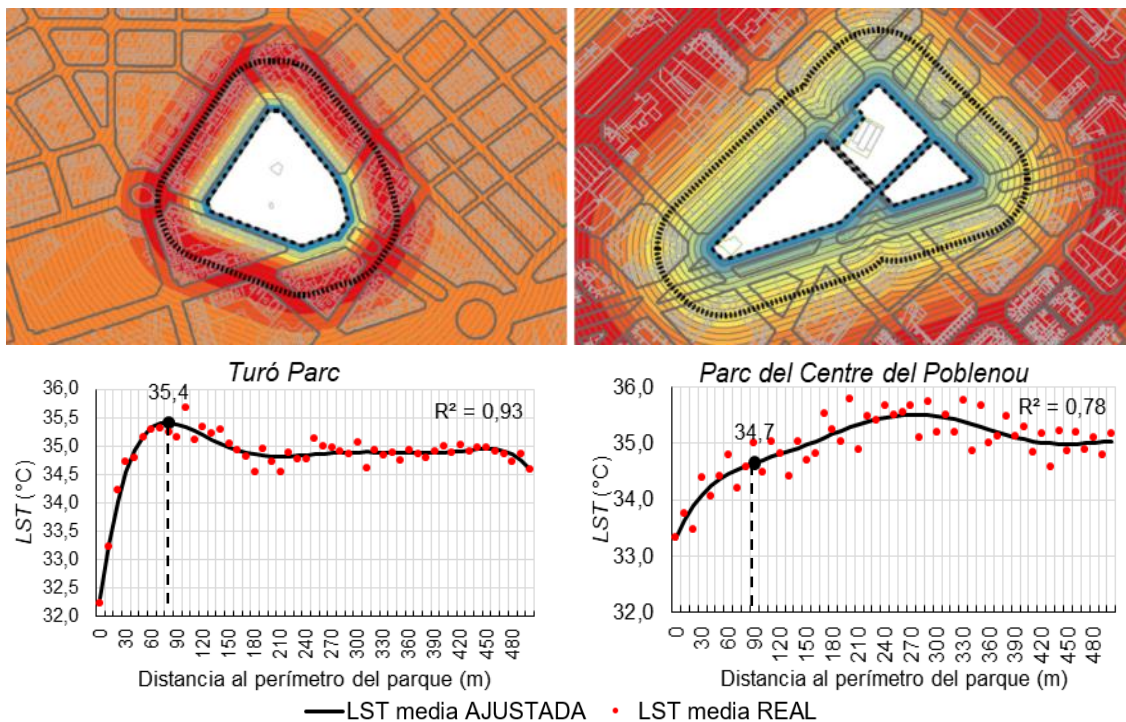


Por otra parte, el *Turó Parc* registró intensidades de  $T_s$  que superan las del *Parc del Centre del Poblenou* por  $0,04^\circ\text{C}$  en la sombra y  $0,14^\circ\text{C}$  durante la noche, aunque  $0,14^\circ\text{C}$  inferior bajo sol. Dicho comportamiento también se registra en la  $\Delta T$  máxima ( $\Delta T_{max}$ ) calculada con la *LST* del 16 de julio, la cual resultó que el *Turó Parc* tiene una reducción de temperatura  $1,85^\circ\text{C}$  mayor que la del *Parc del Centre del Poblenou* en relación a su entorno.

Seguido de esto, se registró que el *Parc del Centre del Poblenou* tiene un alcance de 90m y el *Turó Parc* de 80m. No obstante, la  $\Delta T_{max}$  es mayor en el *Turó Parc*, en el cual se alcanzan temperaturas elevadas más rápidamente que en el *Parc del Centre del Poblenou*, que registra un incremento paulatino (Figura 3). La serie de *LST* de los alrededores del *Turó Parc* presenta valores decrecientes y constantes (Figuras 2a y 2b); mientras que en el *Parc del Centre del Poblenou* se registran valores crecientes (Figura 2c).

En ambos casos, la *LST* media real y la ajustada presentan una correlación fuerte, así como las series presentan valores máximos alrededor de los  $35,5^\circ\text{C}$  y valores estables alrededor de los  $35^\circ\text{C}$  (Figura 3).

Figura 3. *LST* media de anillos concéntricos a los parques



Fuente: Elaboración propia

Mientras tanto, el *Turó Parc*, presenta al interior el mayor *NDVI* y el menor *NDBI* de los dos parques, mientras que sus alrededores presentan el menor *NDVI* y el mayor *NDBI* (Tabla 3). Relación que coincide con su intensidad de  $T_s$ , con los mayores valores de los dos parques en sus puntos exteriores y los menores al interior. En ambos casos, al interior del parque el *NDVI* es mayor y el *NDBI* menor que al exterior, condiciones propicias para la existencia de la IFP.

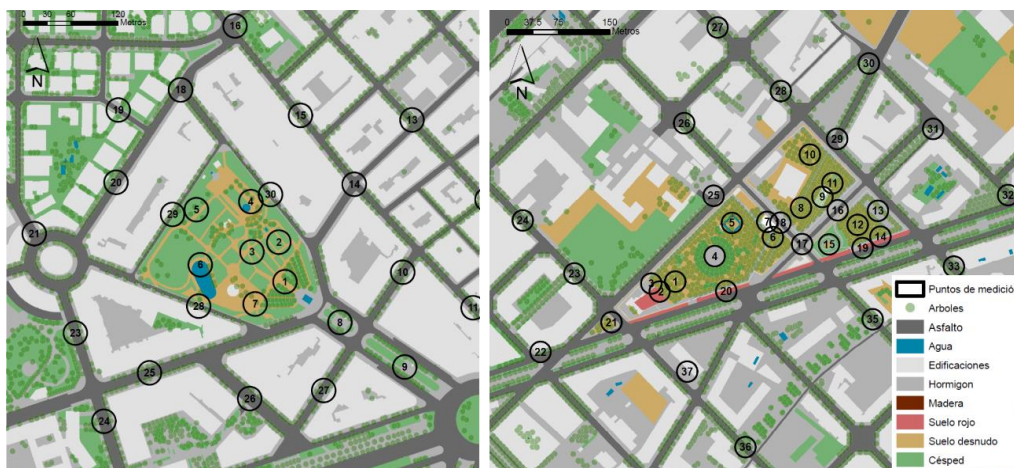
Tabla 3. Descriptores físicos de los parques y sus alrededores

Descriptor / Parque / Puntos de medición	Turó Parc			Parc del Centre Del Poblenou		
	Media polígono del parque	Media puntos INTERIOR	Media puntos EXTERIOR	Media polígono del parque	Media puntos INTERIOR	Media puntos EXTERIOR
<b>DISEÑO</b>						
LST (°C)	31,10	31,94	34,83	32,28	33,02	34,37
NDVI	0,50	0,51	0,23	0,37	0,43	0,27
NDBI	-0,19	-0,21	-0,01	-0,14	-0,18	-0,08
<b>UBICACIÓN</b>						
Altitud (msnm)	63,81	61,09	63,49	4,36	4,13	4,20
Distancia al mar (m)	3.838,80	4.230,39	4.239,41	1.339,97	1.400,82	1.400,29

Fuente: Elaboración propia con datos y métodos del apartado 2.4

La ubicación de los parques influye en la  $T_e$  y el contexto climático de las mediciones (Figura 1). La estación del Zoológico, cercana al *Parc del Centre del Poblenou*, por su proximidad al mar, potencialmente registrará cambios de temperaturas menores entre el día y la noche, debido al efecto regulador del mar. Por otra parte, la de Zona Universitaria, más alejada del mar, registra temperaturas más altas durante el día, pero su elevación sobre el nivel del mar y proximidad a la zona forestal al noroeste de la ciudad, propicia un enfriamiento más rápido durante la noche.

Figura 4. Tipo de superficies y puntos de medición en los parques



Fuente: Elaboración propia

Cada parque presenta una serie de características únicas relacionadas con su diseño y su contexto. Los puntos de medición se distribuyen en espacios con diferentes superficies, vegetación y edificaciones (Figura 4), por lo que las variaciones climáticas responden en parte a la influencia del parque, pero también a las características físicas en que se registran. Una correlación lineal de Pearson entre las temperaturas de cada punto y sus características físicas identificaron un comportamiento distinto entre los parques (Tabla 4). Se registraron más valores de correlación no significativos en el *Parc del Centre del Poblenou*, donde las mediciones y las características en cada punto, no explican con claridad su relación. Destaca el sentido opuesto de la correlación de  $LST$  con el porcentaje de edificación en los puntos, donde en el *Turó Parc* favorece la reducción de temperaturas y en el *Parc del Centre del Poblenou* su incremento. Asimismo, la  $T_a$  en día y noche registra una relación semejante a los valores medios que apuntan a mayores valores en el interior durante el día en ambos parques y en el *Turó Parc* durante la noche. Ante esto, es necesario un análisis detallado de temperaturas en la escala humana y la influencia de todas las variables que intervienen en su definición.



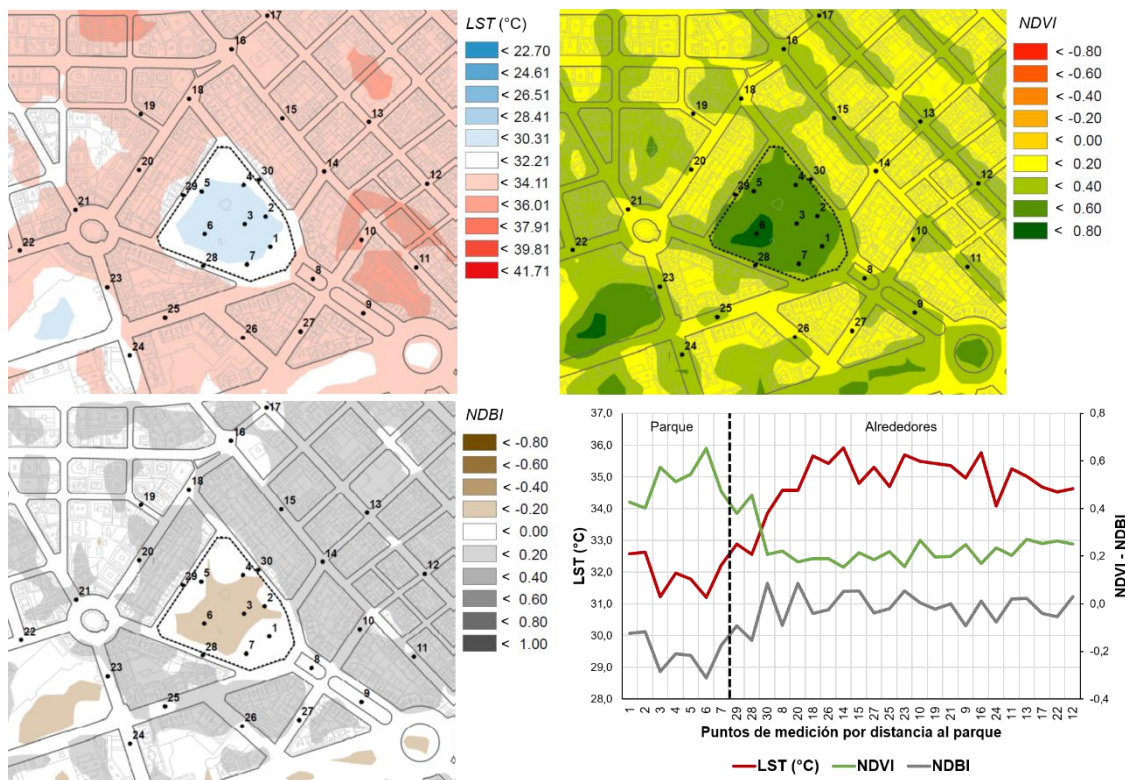
Tabla 4. Correlación entre características físicas y temperatura en puntos de medición

	Teledetección		% superficies (radio de 15m desde el punto)			Ubicación Distancia al parque
	NDVI	NDBI	Permeables	Impermeables	Edificios	
<b>Turó Parc</b>						
LST	-0,95	0,85	-0,85	0,81	-0,31	0,71
Ta DÍA	-0,25	0,27	0,11	0,28	-0,23	0,19
Ta NOCHE	0,59	-0,51	0,78	-0,47	0,24	-0,48
Ts MEDIA sol	-0,56	0,58	-0,58	0,35	0,09	0,32
Ts MEDIA sombra	-0,44	0,58	-0,35	0,28	0,39	0,31
Ts MEDIA noche	-0,77	0,77	-0,88	0,53	0,44	0,59
<b>Parc del Centre Del Poblenou</b>						
LST	-0,81	0,81	-0,14	0,40	0,35	0,57
Ta DÍA	0,45	-0,37	0,32	-0,39	-0,51	-0,58
Ta NOCHE	-0,14	-0,01	-0,40	0,35	-0,03	-0,03
Ts MEDIA sol	-0,15	0,29	-0,02	0,13	0,06	0,05
Ts MEDIA sombra	-0,05	0,13	-0,11	0,15	-0,08	0,01
Ts MEDIA noche	-0,39	0,19	-0,56	0,58	0,09	0,24

NOTA: Correlación no significativa 0,0 a +/-0,3; débil +/-0,3 a 0,5; moderada +/-0,5 a 0,7; fuerte +/-0,7 a 0,9; muy fuerte +/-0,9 a 1,0; perfecta +/-1,0.

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Descriptores físicos del Turó Parc y sus alrededores



Fuente: Elaboración propia

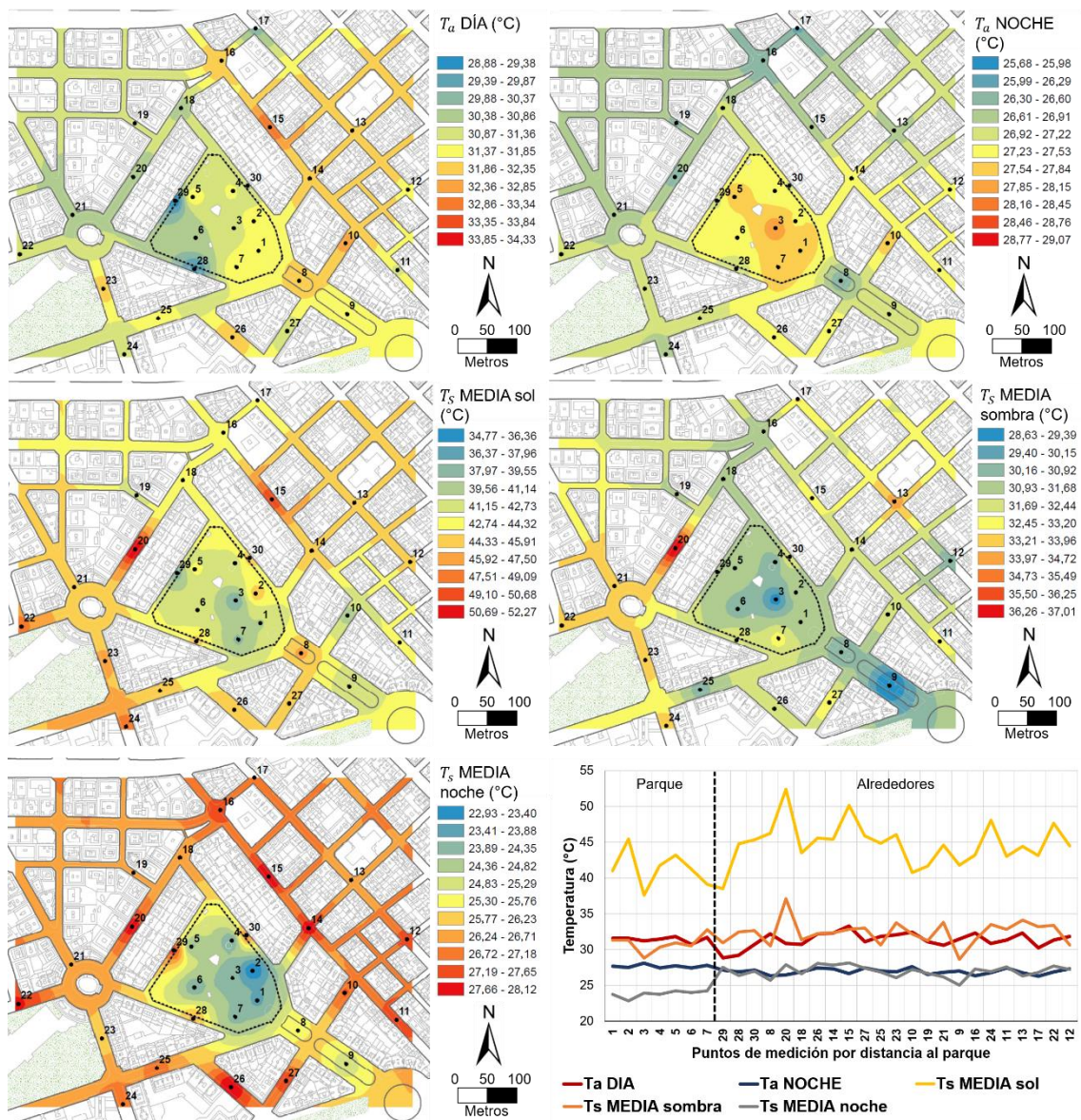
### 3.2 El comportamiento climático del Turó Parc

El Turó Parc es el que presenta el NDVI más elevado, el menor NDBI y tiene las mayores intensidades de IFP en la  $T_s$ . El comportamiento de la LST parece regular (Figura 5), donde las temperaturas más bajas se concentran al interior del parque y se extienden hasta el límite de las edificaciones más próximas. Además, la relación entre el NDVI y el NDBI, es la esperada en los puntos de medición; al interior del parque con menor LST, los puntos presentan el mayor



NDVI y el menor *NDBI*, lo cual se replica al exterior en sentido opuesto, con una disminución del *NDVI* y aumento del *NDBI*. Los alrededores del parque presentan valores de *NDVI* entre los 0,20 a 0,40, mientras que el parque alcanza los 0,80. Por su parte, el *NDBI* registra entre los 0,20 a 0,40 en los alrededores del parque, con ligeras disminuciones al noroeste. La  $T_a$  en el *Turó Parc*, registró valores entre los 28,88 y 34,33°C durante el día, y 25,68 a 27,05°C durante la noche. Su comportamiento coincide con el *NDVI* y el *NDBI*, donde las  $T_a$  más bajas de día se registraron al exterior en los puntos 28 y 29 al noroeste del parque (Figura 6), que coincide con los rangos más altos de *NDVI* y los menores de *NDBI* al interior del parque. La *LST* también presenta relación con estos puntos, donde registra una ligera extensión hacia el noroeste (Figura 5), misma que coincide con la  $T_a$  diurna. Además, durante la noche las  $T_a$  más bajas se concentran en puntos de medición exteriores y la más alta en los interiores.

Figura 6. Distribución de temperaturas registradas en Turó Parc



Fuente: Elaboración propia



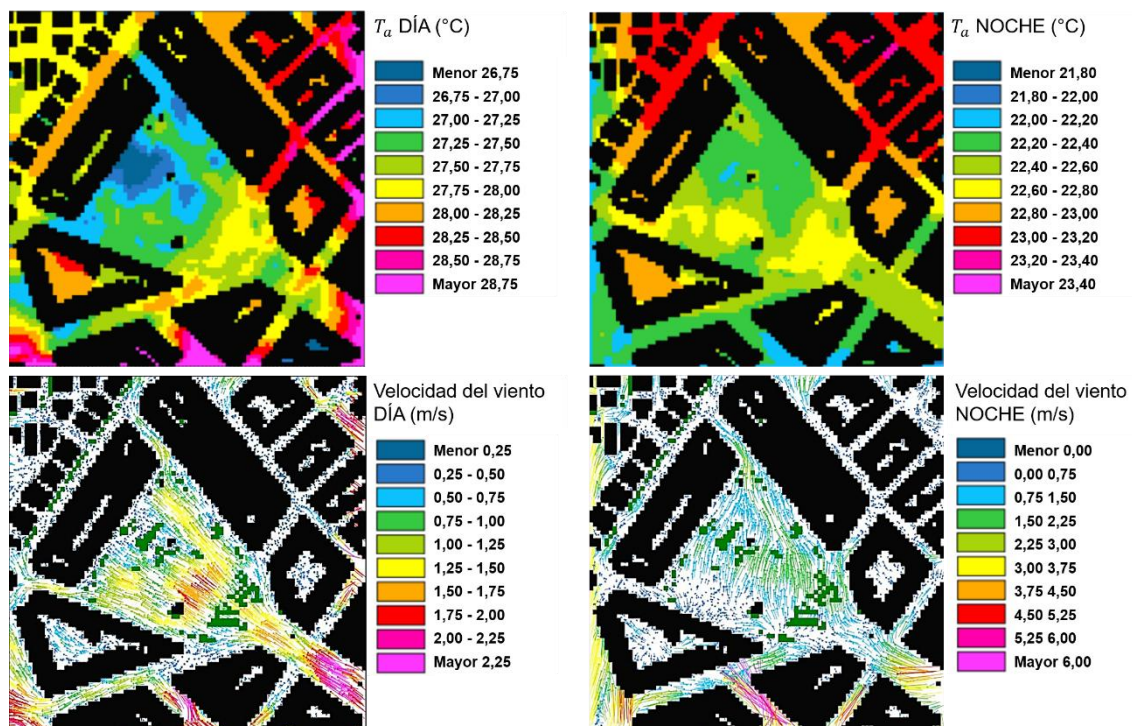


Desde otra perspectiva, la  $T_a$  de las mediciones, simulación y *LST*, presenta sus valores más bajos al noroeste del parque en el periodo diurno debido al comportamiento del viento. En la Figura 7 se observa la entrada del viento por el sureste con velocidades entre 1,25 y 1,50m/s, se encuentra con el *Turó Parc* y continúa su camino hacia las vialidades al noroeste y norte del parque a una velocidad entre 1,00 y 1,25m/s. En este sentido, la concentración de vegetación y el bajo índice de edificación al interior del parque, disminuye la temperatura del aire hasta 1,00°C, y es movilizado hacia el exterior del parque por el viento, propagando el efecto de enfriamiento.

Durante la noche, las mediciones (Figura 6) y la simulación (Figura 7) registraron la  $T_a$  más elevada al interior del parque. Aunque muestra relación con la  $T_e$ , también se observa la influencia del viento que proviene del sur a 6,00m/s. El cual pasa por algunos puntos de altas  $T_a$  de las mediciones y genera la continuidad de altas temperaturas desde los puntos 26 y 27 hacia los límites sur y oeste del parque.

No obstante, al norte del parque se registra una baja  $T_a$  al interior en la simulación y al exterior en las mediciones. Esto se relaciona con la salida del viento del parque a su entorno, el cual entra por el sur del parque, disminuye alrededor de 0,40°C por el efecto refrescante del parque y sale en este sentido (Figuras 5 y 6).

Figura 7. Simulación de  $T_a$  y viento en Turó Parc



Fuente: Elaboración propia

La  $T_s$  media registró claramente el efecto de enfriamiento del parque durante el día y la noche. Las superficies expuestas al sol, bajo sombra y durante la noche, presentaron las temperaturas más bajas al interior del *Turó Parc* (Figura 6), en coincidencia con la *LST*.



Tabla 5. Intensidad de IFP por tipo de superficie en el Turó Parc

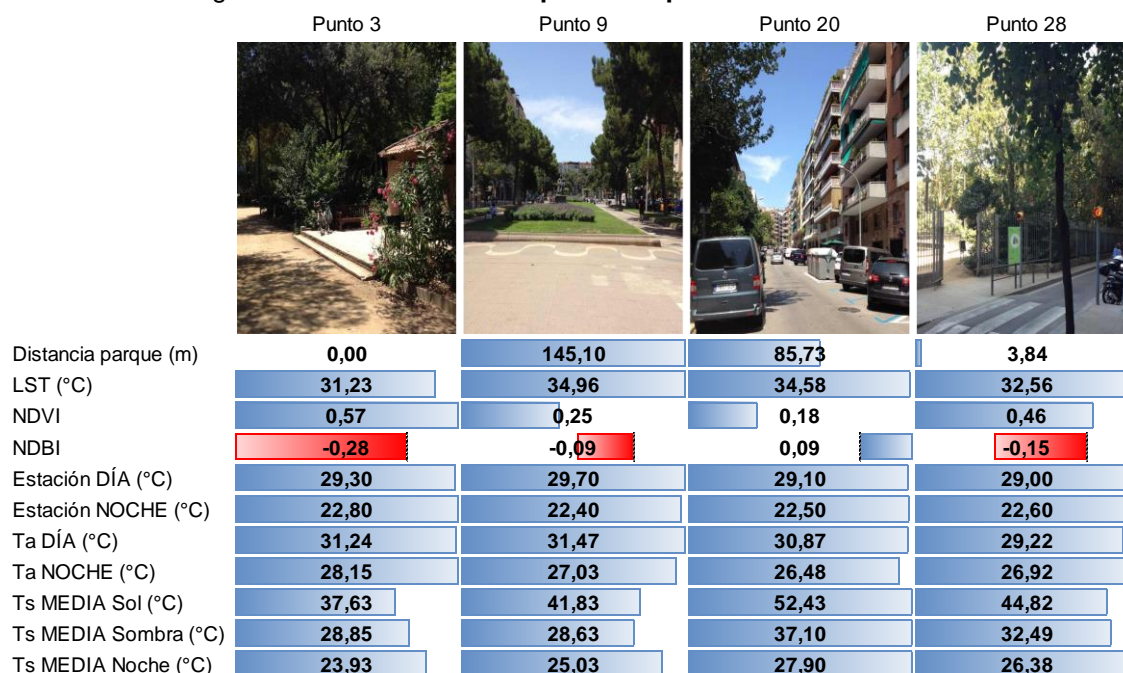
$T_s$ (°C)	PARQUE			ALREDEDORES			$\Delta T$		
	Sol	Sombra	Noche	Sol	Sombra	Noche	Sol	Sombra	Noche
Hormigón / Concreto	44,98	32,07	24,57	48,80	32,96	27,64	3,81	0,90	3,07
Suelo desnudo	50,90	33,79	24,66	45,14	34,87	27,63	-5,76	1,08	2,96
Césped	36,80	28,72	21,60	33,80	28,10	22,90	-3,00	-0,62	1,30
Agua	31,27	29,80	26,67	31,40	30,50	26,90	0,13	0,70	0,23
Arbolado / Plantas	33,11	28,23	23,74	32,80	28,64	25,32	-0,31	0,41	1,58
Asfalto	/	/	/	53,28	33,43	27,74	/	/	/
Fachadas	/	/	/	37,21	30,76	27,17	/	/	/
<b>MEDIA</b>	<b>41,59</b>	<b>31,24</b>	<b>24,10</b>	<b>43,01</b>	<b>32,03</b>	<b>27,00</b>	<b>1,41</b>	<b>0,79</b>	<b>2,89</b>

Fuente: Elaboración propia con mediciones de campo

Asimismo, en lo individual, cada tipo de superficie registró una distribución espacial e intensidades de IFP particulares (Tabla 5). Las superficies de hormigón registraron la mayor intensidad de IFP, con una  $T_s$  3,81°C menor al interior del parque durante el día y 3,07°C durante la noche.

Por otra parte, el suelo desnudo registró una  $T_s$  5,76°C mayor al interior del parque durante el día, pero 2,96°C inferior durante la noche. Diferencia relacionada con la poca masa térmica de estos materiales, proveída por su humedad, donde el calor recibido por la exposición solar durante el día, se concentra en su capa superficial, lo que permite su liberación al dejar de recibir la radiación directa bajo sombra o en la noche. Efecto que se registra también en las superficies de los árboles, plantas y el césped.

Figura 8. Características en puntos específicos del Turó Parc



Fuente: Elaboración propia

Particularmente, en la Figura 8, se presentan cuatro puntos de medición que destacaron por su comportamiento climático. El punto 3, al interior del parque, presenta un comportamiento diferente al resto de puntos en el parque, lo que parece relacionarse con la presencia de superficies de concreto. El punto 9, al sureste del parque, presenta temperaturas bajas, en este espacio se observa una predominante cubierta de césped y superficies de suelo de un material

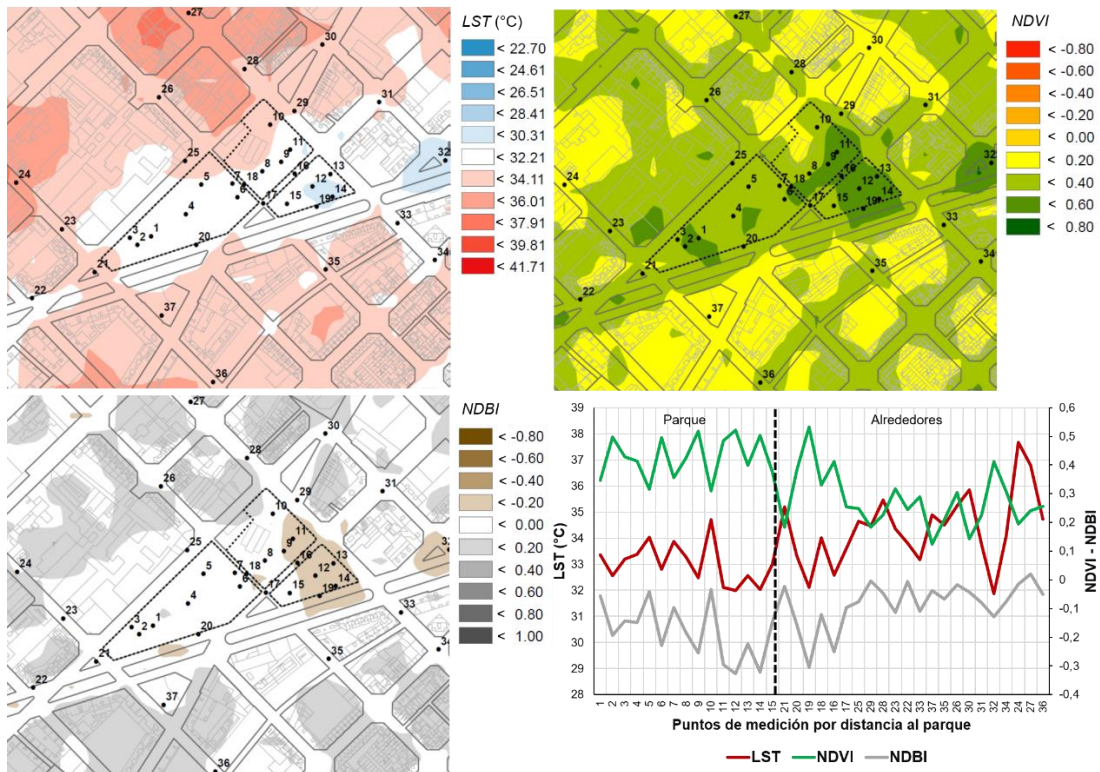


distinto al resto las aceras. El punto 20 registró las temperaturas más elevadas de la campaña de medición en la  $T_s$ , el espacio presenta poca vegetación en el espacio y la orientación de la vialidad permite mayor acceso de la luz solar directa. Por último, el punto 28, que registró valores más bajos durante las mediciones de día, este se aprecia aislado de la radiación solar directa debido a la vegetación del parque, así como se encuentra próximo a un cuerpo de agua en su interior. Con la información registrada, en cada punto se pueden plantear hipótesis para explicar la influencia de sus características sobre su comportamiento climático.

### 3.3 El comportamiento climático del Parc del Centre del Poblenou

El Parc del Centre del Poblenou presenta mayor intensidad de enfriamiento en la  $T_a$  durante la noche y un mayor alcance de enfriamiento. Los descriptores físicos muestran una distribución irregular (Figura 9). Dentro del parque se presentan valores máximos de  $NDVI$  entre los 0,40 a 0,60,  $NDBI$  de -0,40 a -0,20 y  $LST$  mínima entre 28,41 y 30,31°C; los cuales se encuentran concentrados en los bloques al este del parque. Mientras que la  $LST$  y  $NDBI$  registran sus valores más bajos y el  $NDVI$  más alto en el punto 32 fuera del parque, desde el que se extiende de manera continua un rango de temperaturas bajas hacia el parque, por lo que se encuentra inmerso en un efecto de enfriamiento de los espacios verdes próximos, que como se observó en la Figura 3, ocasiona la extensión espacial de bajas temperaturas más allá del punto de alcance.

Figura 9. Descriptores físicos del Parc del Centre del Poblenou y sus alrededores



Fuente: Elaboración propia

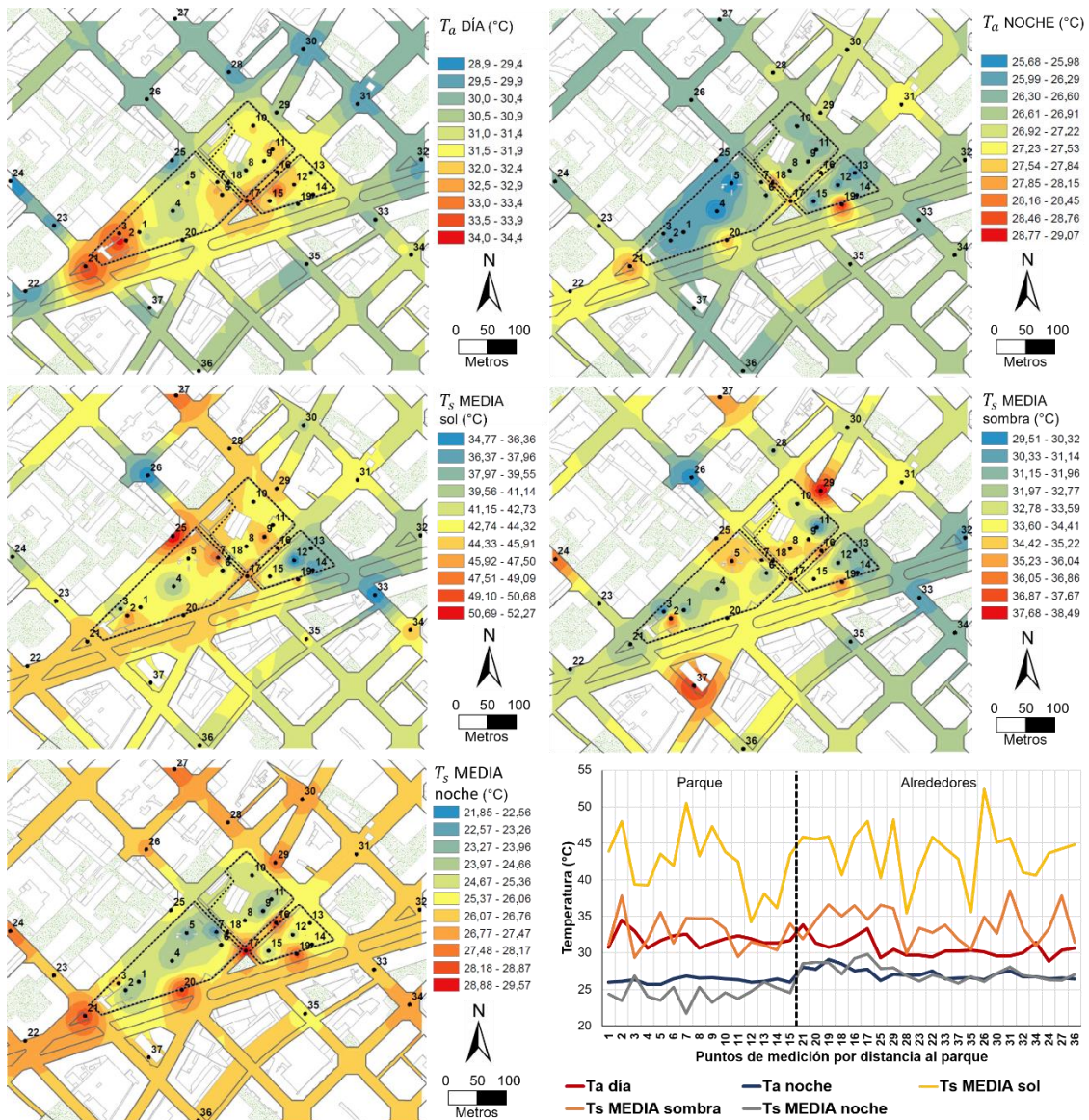
La  $T_a$  en el Parc del Centre del Poblenou, registró valores semejantes a los del Turó Parc, con mínima y máxima de 28,9 y 34,4°C durante el día, así como 25,68 y 27,07°C durante la noche.



En este caso, el parque registró sus valores máximos de  $T_a$  al interior del parque durante el día (Figura 10), con mayoría de puntos entre los 31,5 y 33,9°C, con algunos puntos más bajos entre los 30,5 y 31,9°C (puntos 4 y 8), y unos más elevados entre 33,5 y 34,4°C (puntos 2 y 3); sin registrar aparente coincidencia de distribución con la  $LST$ ,  $NDVI$  y el  $NDBI$ .

Los puntos exteriores registraron temperaturas constantes predominantemente entre los 28,9 y 30,9°C. Por otra parte, durante la noche las  $T_a$  más bajas se registraron al interior del parque entre los 25,68 y 26,60°C, y las más altas en la Avenida Diagonal en los puntos 19, 20 y 21 junto al parque.

Figura 10. Distribución de temperaturas registradas en Parc del Centre del Poblenou



Fuente: Elaboración propia

En este caso, los puntos 4 y 5 al interior y 25 en el exterior (Figura 10) presentan una reducción de  $T_a$  en contraste con los otros y coincide con el comportamiento del viento. El cual,

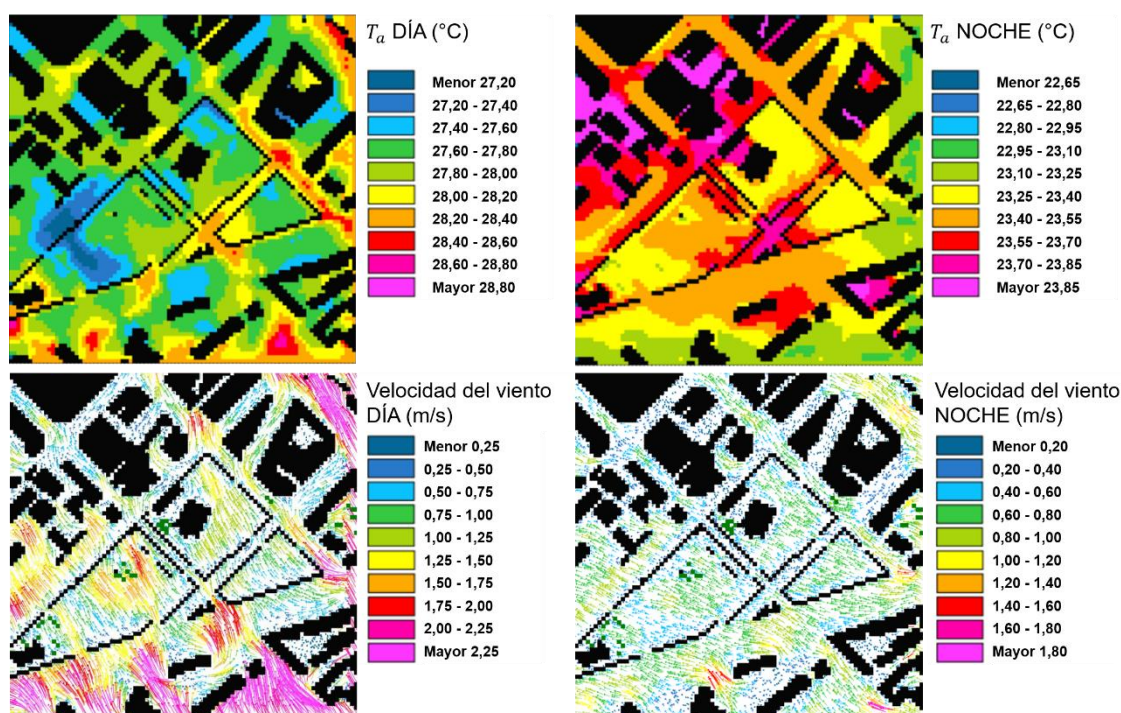


proveniente del sur con una velocidad de 1,50m/s, se encuentra con el muro perimetral del parque y reduce su velocidad hasta los 0,25m/s en el interior (Figura 11). Asimismo, la elevada  $T_a$  registrada sobre la Avenida Diagonal durante el día (Figura 10, punto 20), se extiende hacia el interior del parque por sus accesos, en coincidencia con la circulación del viento (Figuras 10 y 11).

Asimismo, la reducción de  $T_a$  en el punto 4 al interior del parque también se extiende con el recorrido del viento hacia el exterior por uno de los accesos y se registra el efecto de enfriamiento en el punto 25, efecto que se muestra con mayor claridad en la  $T_a$  diurna de la simulación térmica (Figura 11).

Por otra parte, durante la noche, las mediciones de campo (Figura 10) y la simulación térmica (Figura 11) no registraron valores y distribución de  $T_a$  coincidentes. La simulación registró que durante la noche la velocidad del viento al interior del parque es ínfima y no muestra una clara relación con las temperaturas. La reducción de la velocidad del viento propiciada por los muros perimetrales del parque, evita el ingreso del efecto de calentamiento de las vialidades colindantes (Figura 11), pero de la misma manera, contiene en su interior el efecto de enfriamiento.

Figura 11. Simulación de  $T_a$  y viento en Parc del Centre del Poblenou



Fuente: Elaboración propia

Los rangos más bajos de  $T_s$  media en sol (34,77 a 39,55°C) y bajo sombra (29,51 a 31,96°C) coinciden con el mayor  $NDVI$  y menor  $NDBI$  (Figuras 9 y 10), mientras que en la noche no registran coincidencia. Por otra parte, durante la noche la  $T_s$  media coincide con la  $T_a$  (Figuras 8 y 9). Condición relacionada con la poca movilización de la  $T_a$  ante la poca circulación del viento

al interior del parque y que se registran valores influenciados por las superficies en las que se hacen las mediciones.

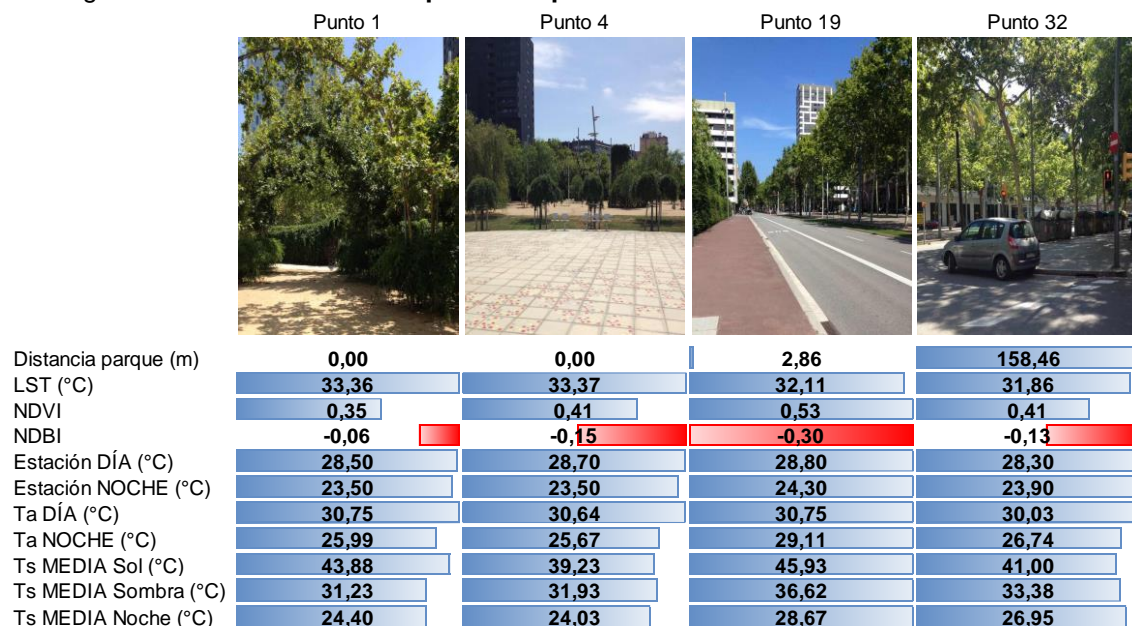
En lo individual (Tabla 6), al igual que en el *Turó Parc*, las superficies de hormigón son las que registraron la mayor intensidad de IFP, con apenas una  $T_s$  0,02°C menor al interior del parque bajo sol, 0,45°C bajo sombra y 1,07°C durante la noche. Por otra parte, el suelo desnudo registró una  $T_s$  3,94°C mayor al interior bajo sol, 1,66°C bajo sombra, pero 1,89°C inferior durante la noche.

Tabla 6. Intensidad de IFP por tipo de superficie en el Parc del Centre del Poblenou

$T_s$ (°C)	PARQUE			ALREDEDORES			$\Delta T$		
	Sol	Sombra	Noche	Sol	Sombra	Noche	Sol	Sombra	Noche
Hormigón / Concreto	47,00	35,00	27,23	47,02	35,45	28,30	0,02	0,45	1,07
Suelo desnudo	49,27	34,20	24,77	45,33	32,54	26,66	-3,94	-1,66	1,89
Césped	36,80	30,15	22,35	34,40	29,45	23,28	-2,40	-0,70	0,92
Agua	31,50	29,60	24,80	/	/	/	/	/	/
Arbolado / Plantas	32,40	29,65	24,13	32,90	29,04	25,45	0,50	-0,61	1,31
Caucho	63,60	39,25	21,20	/	/	/	/	/	/
Piedra rojiza	59,70	41,20	21,00	/	/	/	/	/	/
Asfalto	/	/	/	50,27	37,15	28,79	/	/	/
Acera marrón	/	/	/	57,70	46,85	31,10	/	/	/
Fachadas	/	/	/	40,95	33,32	26,65	/	/	/
<b>MEDIA</b>	<b>42,38</b>	<b>33,00</b>	<b>24,47</b>	<b>43,92</b>	<b>33,75</b>	<b>27,22</b>	<b>1,55</b>	<b>0,75</b>	<b>2,75</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Características en puntos específicos del Parc del Centre del Poblenou



Fuente: Elaboración propia

Particularmente, en algunos puntos del *Parc del Centre del Poblenou* no es clara la relación entre los descriptores físicos de los parques y percepción visual del espacio real (Figura 12). El punto 1 al interior del parque con mayor *NDBI* se encuentra en un entorno sin superficies artificiales, en cambio el punto 4, con que en las mediciones presentó una reducción de  $T_a$  en comparación con otros puntos, presenta el mayor *NDVI* y se encuentra en una superficie de hormigón rodeada de vegetación en un espacios aparentemente abierto.



Por su parte, el punto 19 presenta las mayores temperaturas en todas las mediciones, pero aun cuando se percibe como un espacio urbano, registró menor *LST* y mayor *NDVI* que los puntos 1 y 4 debido a la vegetación que cubre el muro del parque y la de Avenida Diagonal.

Por último, el punto 32, que registró la *LST* más baja de los puntos y una de las más bajas de las mediciones, se observa casi totalmente cubierto por árboles, aunque el punto 19 de mayores temperaturas registró mayor *NDVI*.

#### 4. Conclusiones

Los resultados del estudio son consistentes con la literatura de la isla de frío de los parques urbanos. Donde el efecto presenta su mayor manifestación en la temperatura de superficie, mientras que la de aire se relaciona con el comportamiento del viento. Las conclusiones se pueden sintetizar en los siguientes aspectos:

- a) La vegetación es la característica más influyente en el comportamiento climático de los parques. En ambos casos, las grandes concentraciones de vegetación presentaron una disminución de temperatura en relación a los espacios colindantes.

Dicha condición coincide con la presencia de superficies permeables, pero aquellas de suelo desnudo sin vegetación registraron altas temperaturas durante el día. Asimismo, el efecto de enfriamiento de la vegetación aislada en los espacios urbanos circundantes a los parques se ve disipada por el calentamiento de las superficies artificiales.

- b) El alcance de la IFP se define por el contexto urbano del parque. El efecto de enfriamiento del *Turó Parc*, se ve contenido por la mayor densidad y proximidad entre edificaciones. Esto se observa en la serie de *LST* media de los alrededores, que alcanza los valores medios de la ciudad súbitamente.

Por su parte, la vegetación y superficies permeables de los alrededores también influye en el alcance. Esto queda registrado en el *Parc del Centre del Poblenou*, donde el parque se encuentra dentro de un continuo rango de temperaturas bajas. Aunque el *Turó Parc* también presenta vegetación en las vialidades, estas no presentan continuidad y se encuentran aisladas en las vialidades.

- c) El diseño del parque define la intensidad IFP y la capacidad de reducir la temperatura del aire transportado por el viento mediante convección. Si bien, el alcance de la IFP se define por la morfología y densidad del contexto urbano, su existencia está condicionada a la circulación de aire. Cuando el viento pasa por el parque, reduce su temperatura y la distribuye en su entorno. Esta característica también implica que el viento introducirá el calor de la ciudad al parque, efecto que se registra en las mediciones.
- d) Los métodos de registro del comportamiento climático se consideran los indicados como aproximación al contexto, pero se ven limitados para cuantificar la influencia de los elementos físicos que lo componen.

Aunque ya existen modelos numéricos que estiman la interacción entre los elementos del medio físico construido, la validación de estos métodos por medio de un estudio compuesto por mediciones continuas en un mismo espacio, permitirá calibrar la





información de entrada de dichos modelos, para replicar su uso en la evaluación del potencial impacto de escenarios alternativos bajo un comportamiento climático real.

- e) El parque urbano tradicional presenta una mayor capacidad de enfriamiento que uno moderno. El *Turó Parc* presentó mayores intensidades de enfriamiento que el *Parc del Centre del Poblenou* y en el contexto de Barcelona, los parques históricos tienen una tipología común que destaca a su semejanza a un entorno natural, con una alta concentración de vegetación y predominantes superficies permeables. Mientras que los parques modernos son diversos, pero comúnmente integran espacios artificiales que los doten de versatilidad de uso con fines recreativos y sociales.

Con este estudio se hace una primera aproximación al papel de los parques urbanos en el clima urbano de Barcelona. Los resultados plantean hipótesis que dirigen a estudios posteriores con el objetivo de definir indicadores de impacto climático de los elementos de diseño de los parques urbanos, en diferentes contextos dentro de la ciudad de Barcelona. Dicha información, se enmarca en la búsqueda de la adaptación al cambio climático desde el diseño y planeamiento de las ciudades.

## Bibliografía

AJUNTAMENT DE BARCELONA. *Parcs i jardins*. [en línea] 2016. Fecha de consulta: 7 de Julio de 2017. La meva Barcelona. Disponible en: <https://goo.gl/4fZ3S5>

ARELLANO, B. & ROCA, J. *Comportament tèrmic - Illa de calor. Estudi de cas del Parc Central i Coll Favà, a Sant Cugat del Vallès*. En: *Jornada Observació de la Terra i aplicacions en l'àmbit de la salut* [en línea] Barcelona, Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. 2017. Fecha de consulta: 7 de Julio de 2017. Disponible en: <https://goo.gl/bDh1rN>

ARTIS, D. A. & CARNAHAN, W. H. *Survey of emissivity variability in thermography of urban areas*. En: *Remote Sensing of Environment* [en línea] 12 (4): 313-329. 1982. consulta: 7 Julio 2017. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0034425782900438>  
DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(82\)90043-8](https://doi.org/10.1016/0034-4257(82)90043-8)

CENTRE DE POLÍTICA DE SÒL I VALORACIONS [CPSV]. *Urban-CLIMPLAN. La isla de calor urbana: efectos en el cambio climático y modelado para estrategias de planeamiento territorial y urbano. Aplicación a la región metropolitana de Barcelona*. 2016. Centre de Política de Sòl i Valoracions. UPC. Disponible en: <http://www-cpsv.upc.es/Urban-CLIMPLAN/>

DU, H. ; CAI, W. ; XU, Y. ; WANG, Z. ; WANG, Y. & CAI, Y. *Quantifying the cool island effects of urban green spaces using remote sensing Data*. En: *Urban Forestry & Urban Greening* [en línea] (27): 24-31. 2017. Consulta: 7 Julio 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.06.008>  
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866717300687>

GOOGLE MAPS. *Turó Park. Parc del Centre del Poblenou*. 2017. Fecha de consulta: 7 de Julio de 2017. Disponible en: <https://goo.gl/PNm6BC>



INSTITUT CARTOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE CATALUNYA (ICGC). *Datos lidar*. 2011. Fecha de consulta: 19 de Julio de 2017. Disponible en: <https://goo.gl/4pmou1>

JAUREGUI, E. *Influence of a Large Urban Park on Temperatures and Convective Precipitation in a Tropical City*. En: *Energy and Buildings* [en línea] 15-16 (3-4): 457-463. 1990. Consulta: 19 Julio 2017. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037877889090021A>  
DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90021-A](https://doi.org/10.1016/0378-7788(90)90021-A)

KUTTLER, W. *Climate Change on the Urban Scale – Effects and Counter-Measures in Central Europe*. En: N. CHhetri (Ed.), *Human and Social Dimensions of Climate Change*. Rijeka, Croacia, InTech. 2012. pp. 105-142.

LIN, W.; YU, T.; CHANG, X.; WU, W. & ZHANG, Y. *Calculating cooling extents of green parks using remote sensing: Method and test*. En: *Landscape and Urban Planning*, [en línea] (134): 66-75. 2015. Consulta: 7 Julio 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.012>  
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614002448>

MARTIN-VIDE, J.; CORDOBILLA, M.; MORENO, M. C. & MONTLLEÓ, M. *La isla de calor en el área metropolitana de Barcelona y la adaptación al cambio climático*. 2015. [En línea] Área Metropolitana de Barcelona, Direcció de Serveis Ambientals de l'AMB. Barcelona Regional. Barcelona, Observatorio Metropolitano del Cambio Climático. Fecha consulta: 19 Julio de 2017. Disponible [http://www3.amb.cat/repositori/CANVICLIMATIC/METROBS/METROBS\\_UHI.pdf](http://www3.amb.cat/repositori/CANVICLIMATIC/METROBS/METROBS_UHI.pdf)

OCHOA, J. *La vegetación como instrumento para el control microclimático*. 1999. [en línea] Tesis doctoral inédita. Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Barcelona. Fecha de consulta: 7 de Julio de 2017. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/93436>

OKE, T. *The energetic basis of the urban heat island*. En: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* [en línea] (108): 1-24. 1982. Fecha de consulta: 7 de Julio de 2017. Disponible en: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/qj.49710845502> DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>

SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. *Observacions. Estacions automàtiques. Dades d'estació*. [En línea] Fecha de consulta: 24 de Julio de 2017, de Meteo.cat. Disponible en: <https://goo.gl/ExEPbh>

SOBRINO, J.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J.; SORIA, G.; ROMAGUERA, M. & GUANTER, L. *Land Surface Emissivity Retrieval From Different VNIR and TIR Sensors*. En: *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* [en línea] 46: 316-327. 2008. Fecha de consulta: 19 de Julio de 2017. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4358831> DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2007.904834>

SPRONKEN-SMITH, R. & OKE, T. *The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates*. En: *International Journal of Remote Sensing* [en línea] XIX (11): 2085-2104. 1998. Fecha de consulta: 24 de Julio de 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/014311698214884>  
Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/014311698214884>



STATHOPOULOU, M.; CARTALIS, C. & PETRAKIS, M. *Integrating Corine Land Cover data and Landsat TM for surface emissivity definition: application to the urban area of Athens, Greece*. En: *International Journal of Remote Sensing* [en línea] 28 (15): 3291-3304. 2007. Fecha de consulta: 7 de Julio de 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160600993421> Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160600993421>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [U.S.EPA]. *Reducing urban heat island: Compendium of strategies*. [en línea] 2008. Fecha de consulta: 7 de Julio de 2017. Washington, Estados Unidos. Disponible en: <https://goo.gl/nWtEG1>

WEIER, J. & HERRING, D. *Measuring Vegetación (NDVI & EVI)*. [em línea] 30 de Agosto de 2000. Fecha de consulta: 17 de Agosto de 2017. NASA Earth Observatory. Disponible en: <https://goo.gl/mASaAR>

ZHA, Y.; GAO, Y. & NI, S. *Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery*. En: *International Journal of Remote Sensing* [en línea] (24): 583-594. 2003. Fecha de consulta: 19 Julio 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160304987> Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160304987>