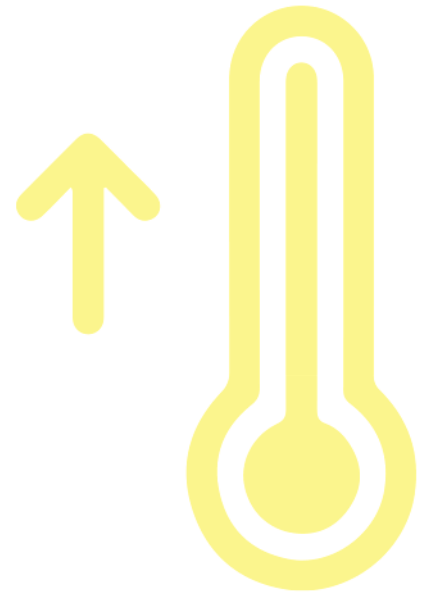


PLA
CLIMA



ESTUDI DELS IMPACTES DEL CANVI CLIMÀTIC A BARCELONA



CAPÍTOL II

ONADES DE CALOR

BR

BARCELONA
REGIONAL
AGÈNCIA
DESENVOLUPAMENT
URBÀ

Ajuntament de
Barcelona



CLIENT



**Ajuntament
de Barcelona**

REDACCIÓ



BARCELONA
REGIONAL
AGÈNCIA
DESENVOLUPAMENT
URBÀ

CARRER 60, 25-27.
EDIFICI Z, PLANTA 2
SECTOR A, ZONA FRANCA
08040 BARCELONA
T 932 237 400
F 932 237 414

www.bcnregional.com
br@bcnregional.com

COORDINACIÓ

Marc Montlleó Balsebre, *Director de Medi Ambient i Eficiència Energètica*

COL·LABORACIÓ

Alan Alguacil García, *Geògraf*
Gemma Conde Cros, *Ambientòloga*
Gustavo Rodríguez Ferrer, *Cap d'Infraestructures Energètiques*
Albert Carbonell Ferrer, *Tècnic de GIS*
Marçal Palma Bartroli, *Tècnic de GIS*
Jose Lao Mulero, *Cap d'Estratègies Energètiques*
Laura Vergoñós Pascual, *Tècnica de GIS*
Marc Marí Dell'Olmo, *Agència de Salut Pública de Barcelona (ASPB)*

i l'equip tècnic i administratiu de Barcelona Regional

Col·laboració i assessorament del Servei Meteorològic de Catalunya i Agència de Salut Pública de Barcelona

DIRECCIÓ PER PART DE L'AJUNTAMENT DE BARCELONA

Irma Ventayol i Ceferino, *Coordinadora de l'Oficina de Sostenibilitat*
Ares Gabàs Masip, *Responsable de Resiliència Urbana*

I L'EQUIP TÈCNIC:
Benjamí Gauchía Legal
Antoni González Gómez
Patricia Lacera Martínez

© 2017, BARCELONA REGIONAL



AGENDA 21 BCN



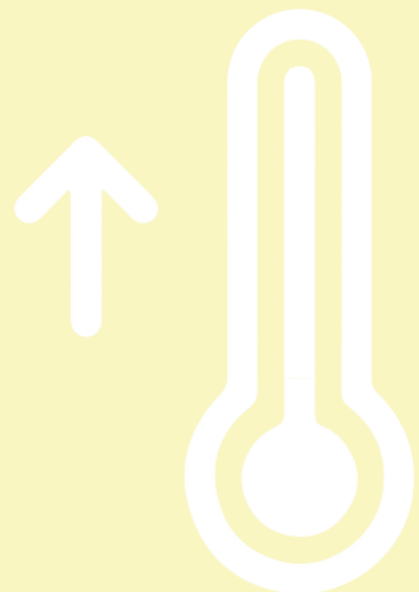
ÍNDEX

1. PRESENTACIÓ	5
1.1. QUÈ SÓN LES ONADES DE CALOR?	7
1.1.1. Quins factors determinen les onades de calor?	7
1.1.2. Quan es considera que tenim una onada de calor a Barcelona?	9
1.1.3. Quines zones són més vulnerables?	10
1.2. QUINS EFECTES TENEN LES ONADES DE CALOR?	10
2. ANÀLISI I DIAGNOSI	13
2.1. LES ONADES DE CALOR QUE HA PATIT BARCELONA	15
2.1.1. De quines dades meteorològiques disposem?	15
2.1.2. Històric de les onades de calor	17
2.1.3. Onada de calor del juliol 2015	21
2.1.4. Onada de calor de l'agost 2012	26
2.1.5. Principals conclusions de les onades de calor analitzades	31
2.2. QUINES CARACTERÍSTIQUES ENS FAN MÉS VULNERABLES A LES ONADES DE CALOR?	34
2.2.1. Poblacionals: Població de risc	36
2.2.2. Característiques de l'edifici: Comportament energètic	37
2.2.3. Característiques urbanes: Manca de vegetació	40
2.2.4. Característiques socioeconòmiques: Formació insuficient	41
2.2.5. Mapa de vulnerabilitat global a les onades de calor:	42
2.3. QUINES SÓN LES ZONES DE LA CIUTAT MÉS AFECTADES PER LES ONADES DE CALOR?	44
2.3.1. Efecte global a la calor respecte a l'onada del 2015	44
2.3.2. Vulnerabilitat de cada un dels paràmetres a l'onada del 2015	46
2.3.3. Equipaments sensibles:	48
2.3.4. Equipaments refugi	50
2.3.5. Parcs refugi:	53
2.3.6. Equipaments i Parcs refugi:	54
2.4. POSSIBLE EFECTE DEL CANVI CLIMÀTIC EN LES ONADES DE CALOR	57
2.4.1. Situació actual i futura de les onades de calor	58
2.4.2. Altres indicadors relacionats amb les temperatures extremes	64
2.4.3. Caracterització sinòptica dels episodis de calor	68
2.4.4. Exemples d'onades de calor futures	70
3. CONCLUSIONS	75
4. RECOMANACIONS	79
5. BIBLIOGRAFIA	85
6. ANNEXOS	89

1. PRESENTACIÓ

1.1. Què són les onades de calor?

1.2. Quins efectes tenen les onades de calor?



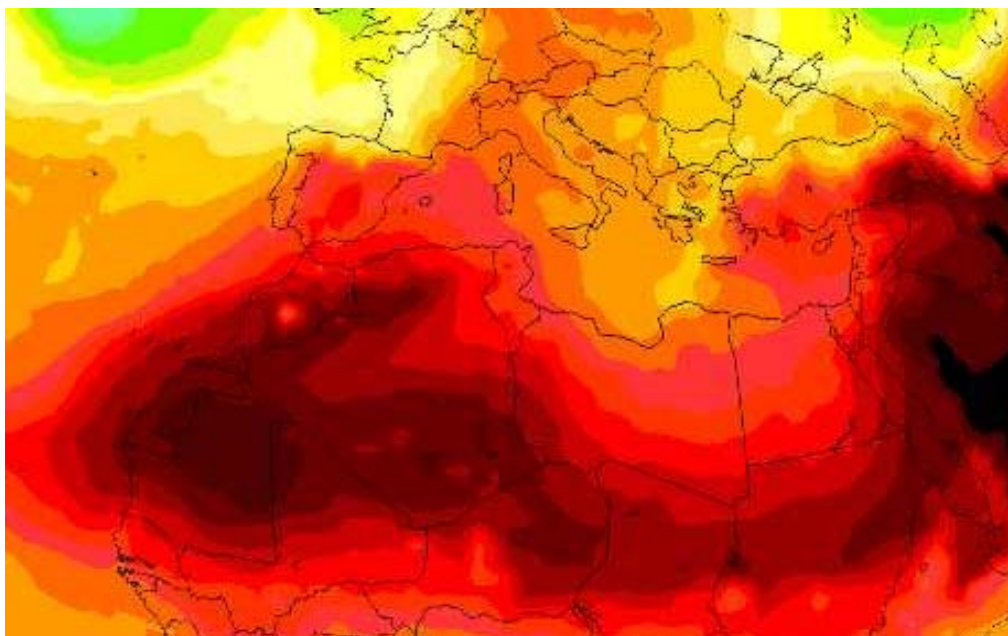
1.1. QUÈ SÓN LES ONADES DE CALOR?

Una onada de calor és un increment molt rellevant de la temperatura, molt per sobre de les temperatures habituals i durant un període de temps significatiu.

En termes generals, i en el cas del nostre territori, una onada de calor és el resultat d'una massa d'aire molt càlida provinent d'Àfrica, que arriba a Barcelona després d'haver travessat Algèria, Marroc i la península Ibèrica en situacions anticiclòniques. Aquestes masses d'aire es caracteritzen per ser molt denses, amb aires secs i càlids que es desplacen molt lentament, traslladant les característiques climàtiques de la regió d'origen, el cor del Sàhara, cap a latituds situades més al nord.

Les seves conseqüències són temperatures altíssimes, amb valors molt poc freqüents, que tenen efectes directes sobre el confort i la salut de la població, així com al territori i als ecosistemes en general.

Imatge 1: Exemple d'onada de calor



Font: GFS/Meteociel

La formació i desenvolupament de les onades de calor depèn de la ubicació de les diferents masses d'aire, ja que aquestes incideixen sobre la temperatura, el règim de vents i la precipitació, entre altres factors.

1.1.1. QUINS FACTORS DETERMINEN LES ONADES DE CALOR?

Les onades de calor presenten diverses característiques que determinen el seu grau de magnitud i importància. Els principals factors són:

- la temperatura
- el període de duració
- la xafogor
- i la seva extensió en el territori

Pel que fa a la **temperatura**, cal dir que hi ha diferents llindars i criteris a partir dels quals es consideren onades de calor.

El principal motiu d'aquesta diversitat de criteris és que una onada de calor depèn molt de quina és la temperatura habitual de la zona en qüestió, de manera que una mateixa temperatura en un clima càlid es pot considerar perfectament normal i dintre dels rangs habituals, mentre que en un altre clima més fred la mateixa temperatura es pot considerar onada de calor, ja que tindria temperatures molt per sobre de les habituals. És per això que cada país o ciutat estableix els seus propis criteris d'acord amb les característiques climàtiques de la seva zona.

A nivell d'exemple, a França es considera que hi ha una onada de calor quan la temperatura mitjana és superior als 25°C, mentre que al Regne Unit i Alemanya es considera a partir d'una temperatura màxima superior als 30°C.

Però aquesta diferència de criteris entre països, lògica per les diferents característiques climàtiques, a vegades també passa entre diferents administracions a l'hora d'establir la temperatura llindar en un mateix territori. El fet de què hi hagi diferents llindars de temperatura sobre el que és una onada de calor implica també una mica de dificultat a l'hora d'identificar-les.

El **període de duració** de l'onada de calor també és important. I tal i com passa amb la temperatura, cada país o territori també estableix el període de duració mínim per ser considerada onada de calor. Seguint amb els exemples anteriors, el període de duració mínim d'una onada de calor a França és de 3 dies (a una T^o mitjana superior de 25°C), al Regne Unit és de 2 dies (a una T^o màxima superior als 30°C) i a Alemanya de 5 dies (a una T^o màxima superior als 30°C).

En cas que s'assoleixi la temperatura límit de l'onada de calor però no duri el període de duració mínim establert per cada territori, aleshores es considera que és un episodi de calor.

A més a més, cal tenir present que a mesura que hi ha més dies amb intensa calor, s'incrementa notablement els efectes sobre la població, el territori i el medi ambient.

Un altre factor que pot incrementar els efectes de l'onada de calor és la **xafogor**. Una humitat relativa alta incrementa la sensació tèrmica que pot tenir la població. Tenint en compte que la humitat relativa mitjana de Barcelona els mesos d'estiu està al voltant del 70%¹, amb una temperatura de 34°C, segons l'índex de xafogor es pot tenir la sensació tèrmica d'uns 49°C.

¹ Segons "Anuari Estadístic de la ciutat de Barcelona", la humitat relativa mensual mitjana de Barcelona durant el mesos d'estiu del 2014, va ser el juny del 66%, el juliol el 69% i l'agost el 78%, a l'Observatori Fabra.

Imatge 2: Índex de xafogor (Humidex)

Temperatura (°C)	Humitat Relativa								
	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
38	42	43	47	54	57	*	*	*	*
37	40	42	45	49	54	55	58	*	*
36	39	40	43	47	51	56	57	58	*
35	37	38	42	45	48	51	54	57	*
34	36	37	41	43	47	49	52	55	58
33	34	36	38	42	44	47	50	52	55
32	33	34	37	39	42	45	47	50	52
31	31	33	35	38	40	43	45	48	50
30	31	31	34	36	38	41	43	46	48
29	29	30	32	34	37	38	41	44	46
28	28	29	31	33	35	37	39	41	45
27	27	28	29	31	33	35	37	39	41
26	26	27	28	29	31	33	35	37	39
25	25	26	27	28	30	32	33	35	37
24	24	25	26	27	28	30	32	33	35
23	23	23	24	25	27	28	30	32	33

* = Per sobre de la capacitat de l'atmosfera per emmagatzemar vapor d'aigua.

Perill
Perill
Perill
Precaució extrema
Precaució

Font: Associació Catalana d'Observadors Meteorològics (ACOM)

Per últim els efectes de les onades de calor poden tenir una **extensió en el territori** de centenars de kilòmetres, i en alguns casos excepcionals han arribat a afectar a gran part d'Europa, com va ser el cas de l'onada de calor de l'agost del 2003.

1.1.2. QUAN ES CONSIDERA QUE TENIM UNA ONADA DE CALOR A BARCELONA?

En el cas de Barcelona també hi ha diversitat de criteris a l'hora d'establir una onada de calor. Entre els diferents organismes implicats en la detecció i/o actuació davant les onades, hi ha diferents metodologies i/o períodes de recopilació de dades històriques diferents, donant lloc a diferents llindars per a la ciutat.

Seguidament es destaquen els llindars per a Barcelona de diferents organismes oficials implicats d'alguna manera en les onades de calor:

- Agència Estatal de Meteorologia (AEMET): llindar de temperatura màxima de 30,9 °C durant tres dies consecutius o més a partir del percentil 95 de les temperatures màximes diàries dels mesos de juliol i agost en el període 1971-2000.
- Servei Meteorològic de Catalunya (SMC): llindar de temperatura màxima de 34,2 °C durant tres dies consecutius o més a partir del percentil 98 de les temperatures màximes diàries dels mesos d'estiu durant el període 2000-2008.
- Ajuntament de Barcelona: llindar de temperatura màxima de 33,1 °C durant tres dies consecutius a partir del percentil 98 de les temperatures màximes diàries dels mesos d'estiu en els últims 30 anys.

Aquesta diversitat de criteris a l'hora d'establir les onades de calor, pot portar a la paradoxa que mentre una administració considera que hi ha una onada de calor, una altra administració consideri que només és un episodi de calor.

Al llarg d'aquest treball s'ha utilitzat el criteri de l'Ajuntament de Barcelona, és a dir que es considera onada de calor si la temperatura supera els 33,1°C i durant 3 dies consecutius o més.

1.1.3. QUINES ZONES SÓN MÉS VULNERABLES?

Tot i que qualsevol territori del planeta pot estar sotmès de manera puntual als efectes d'una onada de calor, hi ha algunes zones amb major tendència a patir els seus efectes: els climes mediterranis i les àrees urbanes.

A les regions mediterrànies com que en condicions normals ja presenten estius força càlids, quan es donen les onades de calor les temperatures són molt altes, fet que té conseqüències per la població i el territori.

D'altra banda, s'observa que les àrees urbanes són molt més vulnerables a les onades de calor que no pas les àrees rurals. La principal causa d'aquest fenomen és que les condicions atmosfèriques pròpies de les ciutats i la baixa qualitat de l'aire afavoreixen les patologies de salut relacionades amb la calor.

Un altre factor que fa més vulnerables les ciutats és la presència massiva d'asfalt i edificis, amb materials que absorbeixen les temperatures elevades durant el dia i a la nit alliberen calor a l'atmosfera, contribuint així a augmentar la temperatura nocturna de les ciutats. Aquest procés és l'anomenat efecte illa de calor.

Malgrat l'illa de calor pot ser un element que agreugi les altes temperatures en els entorns urbans, segons un estudi realitzat a l'àrea metropolitana de Barcelona², els mesos d'estiu (en els quals es produeixen les onades de calor) són on hi ha una menor probabilitat de tenir un episodi d'illa de calor; o en cas que sí s'esdevingui, que aquest sigui menys intens. Tot i així, si coincideixen una onada de calor i un efecte d'illa de calor en el període estival, els seus efectes sumats incidiran negativament en el confort de la població en el seu descans nocturn.

1.2. QUINS EFECTES TENEN LES ONADES DE CALOR?

Les onades de calor tenen efectes sobre la població, sobre el territori, sobre els ecosistemes i pot arribar a afectar algunes infraestructures.

Des de fa anys s'han descrit els efectes negatius de les variacions tèrmiques sobre la salut, entre els quals destaquen, per la seva incidència, l'increment de la mortalitat.

Els efectes a la salut (particularment en la mortalitat) dels episodis extrems de calor són immediats o acostumen a ocórrer pocs dies després de l'esdeveniment excepcional de calor. Un gran nombre d'estudis duts a terme a diferents països i ciutats han mostrat que les elevades temperatures d'estiu poden produir un increment sobtat de la mortalitat (Stafoggia et al., 2006; Bell et al., 2008; McMichael et al., 2008; Michelozzi et al., 2010). Donat l'increment de la temperatura mitjana global al voltant de 2° C, mostrat pels escenaris de canvi climàtic del *21st Century Project*, hi ha una necessitat òbvia d'analitzar les conseqüències directes i indirectes per a la salut d'aquests episodis, no només pel seu inqüestionable interès científic, sinó també per proporcionar les dades i la informació necessària a l'administració pública per evitar o mitigar el seu impacte (Kalkstein, 1993).

²La Isla de calor en el Área Metropolitana de Barcelona y la adaptación al cambio climático METROBS, AMB (2015)

Cal tenir en compte que la temperatura sempre té una incidència en la mortalitat però en períodes d'onades de calor aquesta s'incrementa notablement. La calor excessiva i sostinguda comporta un augment de la mortalitat, especialment en alguns sectors de la població, com són la gent gran, els nadons i les persones que tenen patologies cròniques.

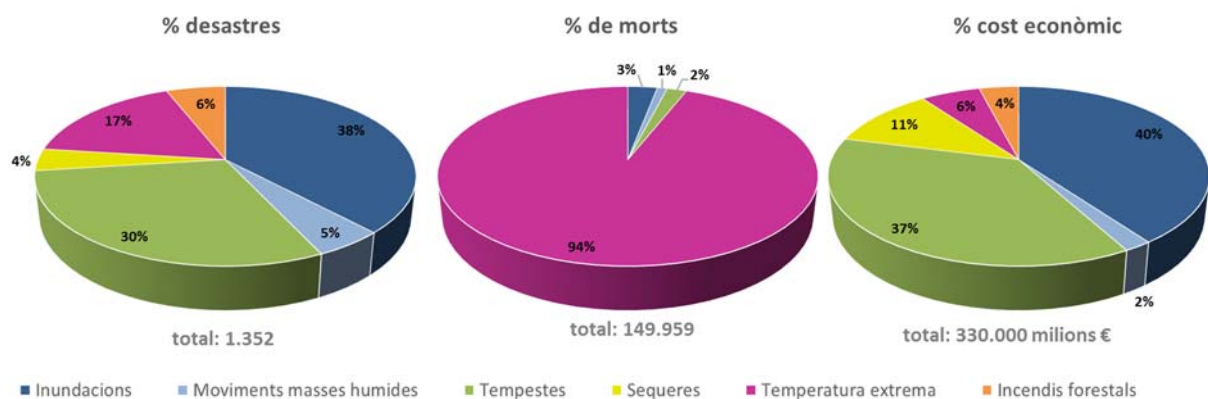
En menor mesura també s'han de tenir en compte els cops de calor o en problemes de deshidratació, que bàsicament consisteixen en que quan el cos detecta un excés de temperatura, aquest tendeix a perdre calor a través de la sudoració; al suar es perd aigua i sals minerals i es pot arribar a patir una deshidratació sinó es reposen aquestes pèrdues. Aquests efectes, que també incideixen sobre persones sanes i joves sense cap patologia prèvia, poden veure's accentuats a certs grups de població més vulnerable, com la gent gran, els nadons, els malalts crònics i/o amb malalties respiratòries, la gent amb sobrepès, etc.

Segons dades de l'Organització Meteorològica Mundial (WMO)³, **els episodis climàtics extrems que han produït més mortalitat en els darrers anys a Europa són precisament les onades de calor**. Entre els anys 1970-2012 es van produir 1.352 desastres associats a episodis climàtics extrems, dels quals les onades de calor només representaven el 17% dels desastres, però per contra van suposar el **94% de les morts ocorregudes** per desastres climàtics, amb un total d'unes 141.000 vides perdudes.

Al llarg d'aquest període de temps, les dues onades de calor amb més mortalitat a Europa van ser l'ocorreguda l'estiu del 2003 a mitja Europa amb 72.210 morts i l'onada de calor del 2010 a la Federació de Rússia amb 55.736 morts.

Respecte als costos econòmics que ha tingut Europa entre el 1970-2012 associats a les temperatures extremes, s'estima que són uns 20.000 milions d'euros, que representa un 6% dels costos econòmics vinculats als desastres climàtics extrems.

Imatge 3: Distribució dels desastres climàtics extrems, de les morts i els costos econòmics associats, a Europa durant el període 1970-2012.



Font: Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2012).

Altres efectes que poden tenir les onades de calor són sobre el medi ambient. Per exemple amb l'onada de l'any 2003 la pujada de les temperatures va provocar que es fonguessin les neus perpetues d'algunes muntanyes dels Alps, algunes de les quals no s'han pogut

³ Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2012). World Meteorological Organization, 2014.

recuperar. A més a més aquest fet va provocar posteriorment inundacions a les vessants i nombroses esllavissades de roques per falta de cimentació (*United Nations Environment Programme*)⁴.

En d'altres ocasions si la onada va acompanyada d'una sequera l'agricultura en surt greument perjudicada afectant de manera directa a la economia, així com també la vulnerabilitat dels boscos davant els incendis es veu multiplicada.

En el present capítol s'explica el que són les onades de calor i els principals efectes que tenen. També es fa un anàlisi de les onades de calor que ha patit Barcelona (perill), les zones que són més vulnerables de la ciutat (vulnerabilitat) i les zones que han patit més els efectes de les onades de calor (risc).

També s'ha analitzat els possibles efectes del canvi climàtic en les onades de calor, amb exemples d'aquest fenomen en el futur.

Al llarg d'aquest capítol, i seguint la nomenclatura definida per a tots els capítols de l'*Estudi dels Impactes del Canvi Climàtic a Barcelona*, s'ha estimat el perill, vulnerabilitat i risc de les onades de calor a la ciutat de Barcelona.

A mode de recordatori, la nomenclatura establerta al *Capítol – Introducció al canvi climàtic* era la següent:

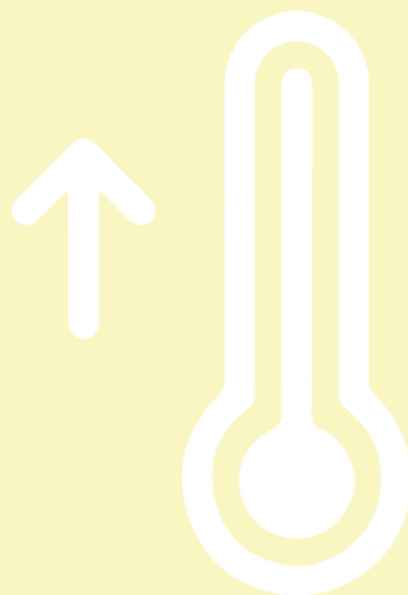
- **Perill** es pot definir com la freqüència i intensitat (o magnitud) amb la que un determinat fenomen natural o antròpic impacta en un espai determinat.
- Per **vulnerabilitat**, s'entén la predisposició intrínseca d'un sistema (subjecte, grup, element físic, ecosistema, etc.) a ser afectat per un perill.
- **Risc** és la resultant de considerar el perill i la vulnerabilitat, valorant com cada sistema es veu afectat per un perill determinat.

Els resultats d'aquest capítol ens haurien de permetre determinar quines tendències i quines zones tindran una major incidència de les onades de calor i valorar quines accions convé implementar amb l'objectiu d'adaptar la ciutat al canvi climàtic i fer-ne una ciutat més resilient a aquest fenomen.

⁴ La repercussió de l'onada de calor de 2003 en la població major de 65 anys de Barcelona i l'àrea metropolitana. Projecte final de carrera. Llicenciatura de Ciències Ambientals. Curs 2010-2011. Marta Santiago Jiménez

2. ANÀLISI I DIAGNOSI

- 2.1. Les onades de calor que ha patit Barcelona**
- 2.2. Quines característiques ens fan més vulnerables a les onades de calor?**
- 2.3. Quines són les zones de la ciutat més afectades per les onades de calor?**
- 2.4. Possible efecte del canvi climàtic en les onades de calor**



2.1. LES ONADES DE CALOR QUE HA PATIT BARCELONA

La ciutat de Barcelona ha tingut al llarg dels anys diferents onades de calor i de diferents magnituds. El fet que a la nostra ciutat coincideixi la component de mediterraneïtat i la component urbana augmenta la vulnerabilitat davant les onades de calor.

A continuació es mostra una aproximació a les onades que en el passat ha patit Barcelona i un estudi en detall de les últimes 2 onades de calor: la del juliol del 2015 i la de l'agost del 2012.

2.1.1. DE QUINES DADES METEOROLÒGIQUES DISPOSEM?

Barcelona té la sort de disposar de les dades meteorològiques de l'Observatori Fabra. Les seves dades meteorològiques es recullen des del 1913 i són de gran rellevància ja que és una de les dues sèries més llargues de Catalunya, conjuntament amb les de l'Observatori de l'Ebre.

Malgrat es disposen de més de 100 anys de dades climàtiques, el fet que l'Observatori Fabra es situï a uns 410 m d'alçada a la vessant barcelonina de la serra de Collserola, fa que la temperatura del Fabra acostumi a ser més baixa que les que es registren en el centre de la ciutat, tot i que puntualment s'enregistren valors extrems més elevats durant les onades de calor. És per això que malgrat ser una estació de referència és important incorporar les dades d'altres estacions per saber la temperatura a la zona urbana del Pla de Barcelona, que és on es concentra la major part de la població de la ciutat.

Actualment Barcelona disposa de 6 estacions meteorològiques oficials dins del seu terme municipal, vinculades a les xarxes del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) i de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET). A més, hi ha 1 estació del SMC situada a l'Hospitalet de Llobregat, però molt pròxima a Barcelona: l'estació de Zona Universitària.

Així doncs, les 7 estacions públiques que s'han tingut en compte en aquest treball són:

Estació	Propietari	Emplaçament	Any inici
Observatori Fabra	SMC	Barri de Vallvidrera, el Tibidabo i les Planes (Districte Sarrià – Sant Gervasi)	1913
Estació CMT	AEMET	Barri la Vila Olímpica (Districte Poble Nou)	1994
La Font del Gat	AEMET	Parc de Montjuïc (Districte de Sants – Montjuïc)	2003
El Zoo de Barcelona	SMC	Barri de Sant Pere, Santa Caterina i la Ribera (Districte Ciutat Vella)	2006
El Raval	SMC	Barri del Raval (Districte Ciutat Vella)	2006
Zona Universitària (*)	SMC	Barri de Pubilla Cases. Hospitalet de Llobregat.	2008
Museu Marítim - Drassanes	AEMET	Barri del Raval (Districte Ciutat Vella)	2009

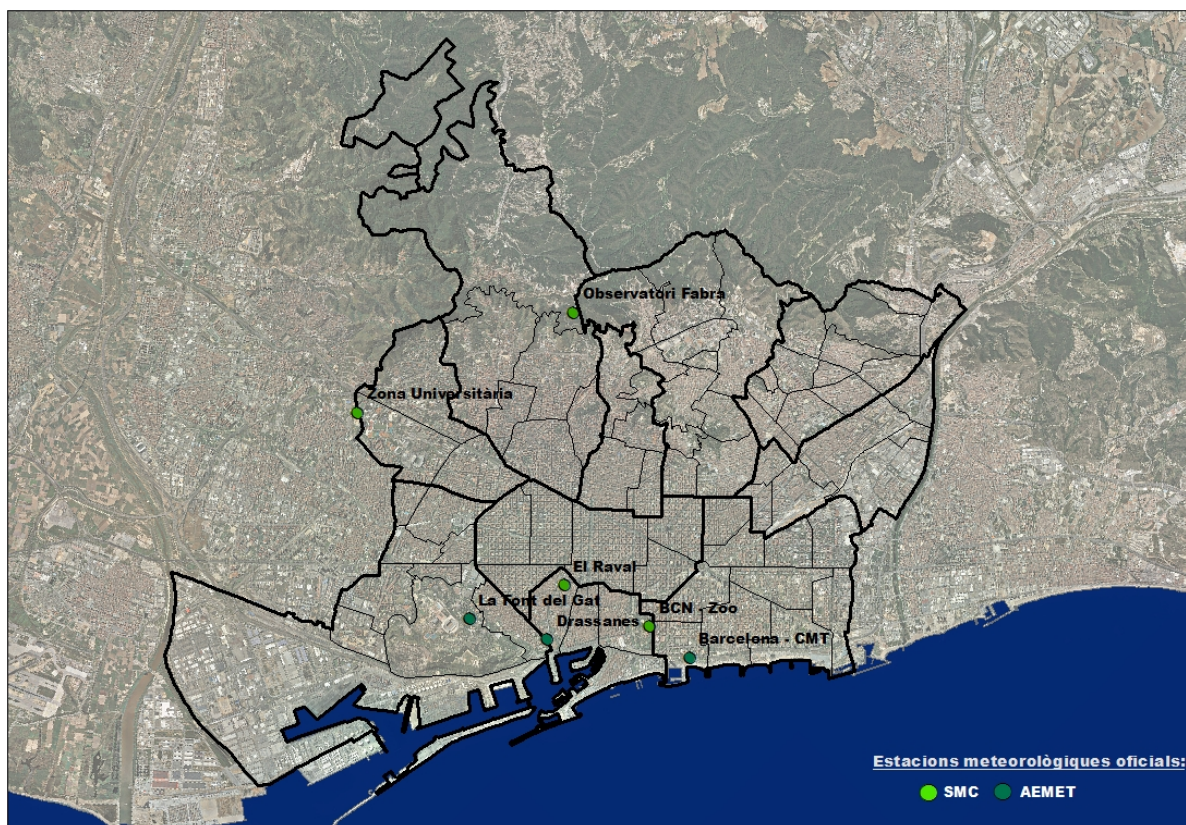
Font: elaboració pròpia a partir de diferents fonts

(*): Estació situada a l'Hospitalet de Llobregat, però molt pròxima a Barcelona.

Tal i com es pot veure a la taula anterior, algunes de les sèries de dades no són excessivament llargues, ja que 5 de les 7 estacions van iniciar la recollida de dades a partir de la primera dècada del segle XXI.

Respecte als seus emplaçaments, les estacions oficials no tenen una distribució gaire homogènia: 3 d'elles es concentren al districte de Ciutat Vella, 1 a la zona litoral (barri de Vila Olímpica), 2 estacions es situen en dues zones verdes rellevants de la ciutat (Collserola i Montjuïc) i 1 estació a la zona universitària limítrof entre Barcelona i Hospitalet. La part central de Barcelona (Eixample, Gràcia i Horta) i les zones del Besòs (Nou Barris, Sant Andreu i Sant Martí), no disposen d'estacions oficials.

Imatge 4: Estacions meteorològiques oficials a Barcelona (SMC i AEMET).



Font: elaboració pròpia a partir de dades del AEMET i SMC

Per a poder analitzar la distribució territorial de les onades de calor que ha patit Barcelona i poder així veure quines són les zones on es van registrar les temperatures més elevades, les estacions oficials ens aporten una gran quantitat d'informació molt fiable, però que cal complementar amb altres informacions d'algunes parts de la ciutat. És per això que s'han considerat i inclòs altres estacions meteorològiques de Barcelona i voltants. Aquestes estacions provenen de diferents organismes o associacions:

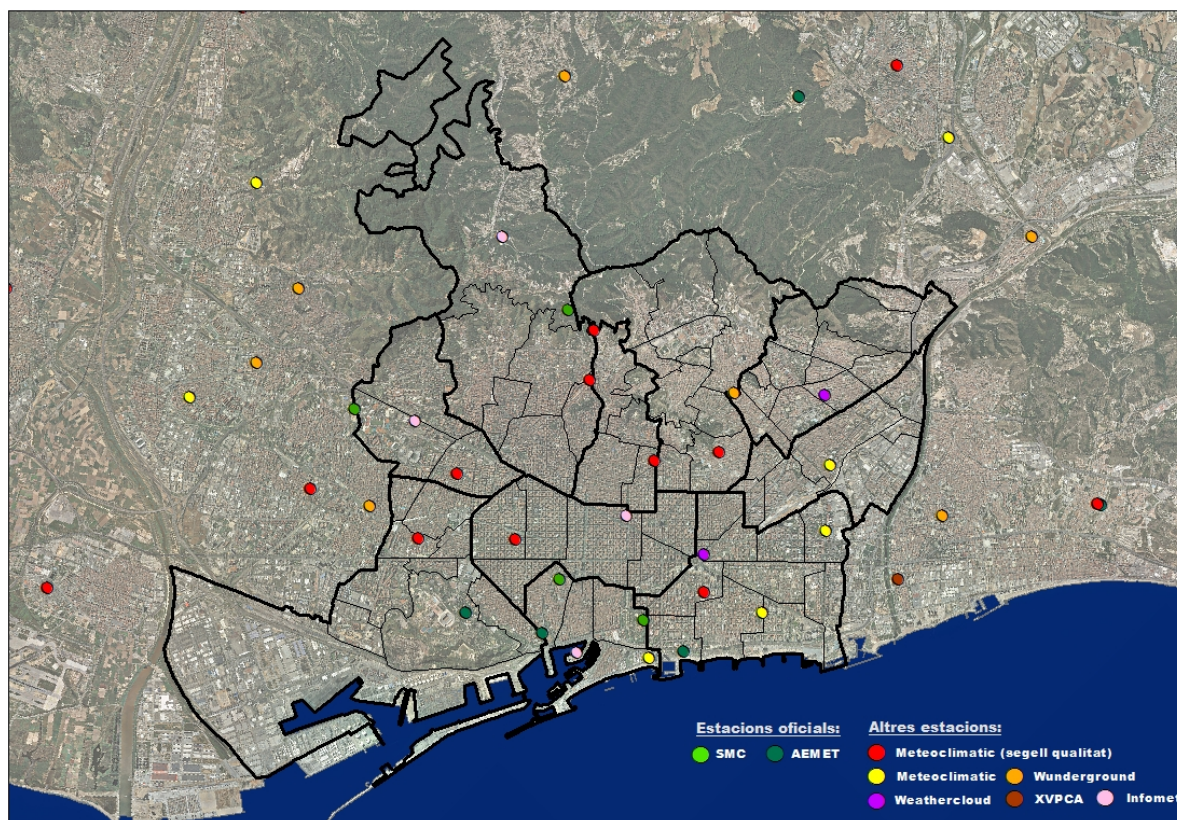
- Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica de la Generalitat de Catalunya
- Xarxa d'observadors privats de Meteoclimatic
- Servidor de dades meteorològiques
- Xarxa d'observadors privats de Wunderground
- Xarxa d'observadors privats de Weathercloud

Cal destacar que per incloure les dades de les estacions no oficials, prèviament s'ha realitzat un anàlisi de les seves temperatures, no només durant els dies de l'onada de calor, sinó al llarg de tot el mes, per verificar si els valors segueixen un patró similar o lògic respecte a les estacions oficials més properes.

Així doncs, finalment s'ha incorporat 19 estacions més provinents de fonts no oficials, que complementen les 7 estacions oficials de Barcelona. En total, s'ha disposat de la informació de temperatura de 26 estacions distribuïdes per tota la ciutat i 26 estacions als municipis dels voltants, amb les quals s'ha pogut analitzar en detall les onades de calor.

A més, s'ha intentat que les estacions es distribueixin de la forma més homogènia possible per a tota la ciutat.

Imatge 5: Estacions meteorològiques considerades en aquest treball.



Font: elaboració pròpia

2.1.2. HISTÒRIC DE LES ONADES DE CALOR

Amb les dades disponibles de les estacions oficials i les estacions privades disponibles, s'ha realitzat una primer aproximació a les vegades que a la ciutat s'han superat els 33,1°C durant almenys 3 dies en els últims 30 anys.

Les onades detectades entre els anys 1982 i 2015 són les següents⁵:

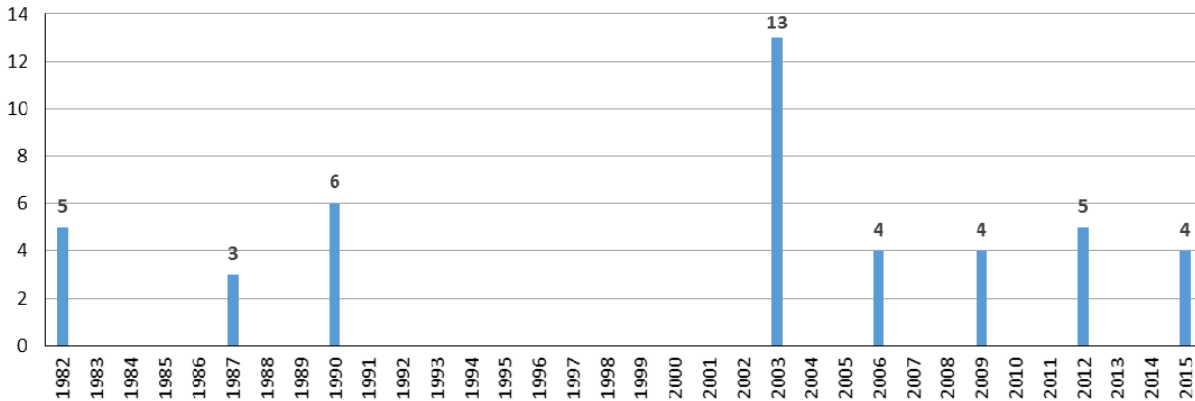
- 2015: del 4 de juliol al 7 de juliol. 4 dies de durada
- 2012: del 19 d'agost al 23 d'agost. 5 dies de durada
- 2009: del 17 d'agost al 20 d'agost. 4 dies de durada.
- 2006: del 23 de juliol al 26 de juliol. 4 dies de durada
- 2003: del 2 d'agost al 14 d'agost. 13 dies de durada
- 1990: del 1 d'agost al 6 d'agost. 6 dies de durada

⁵ Anàlisi realitzat des del 1982-2015 durant el període anual de l'1 de maig fins el 30 de setembre.

- 1987: del 15 d'agost al 17 d'agost. 3 dies de durada
- 1982: del 5 al 9 de juliol. 5 dies de durada

La major part d'onades de calor detectades tenen una durada majoritària de 4-5 dies.

Imatge 6: Dies de durada de les diferents onades de calor que ha tingut Barcelona des del 1982-2015.

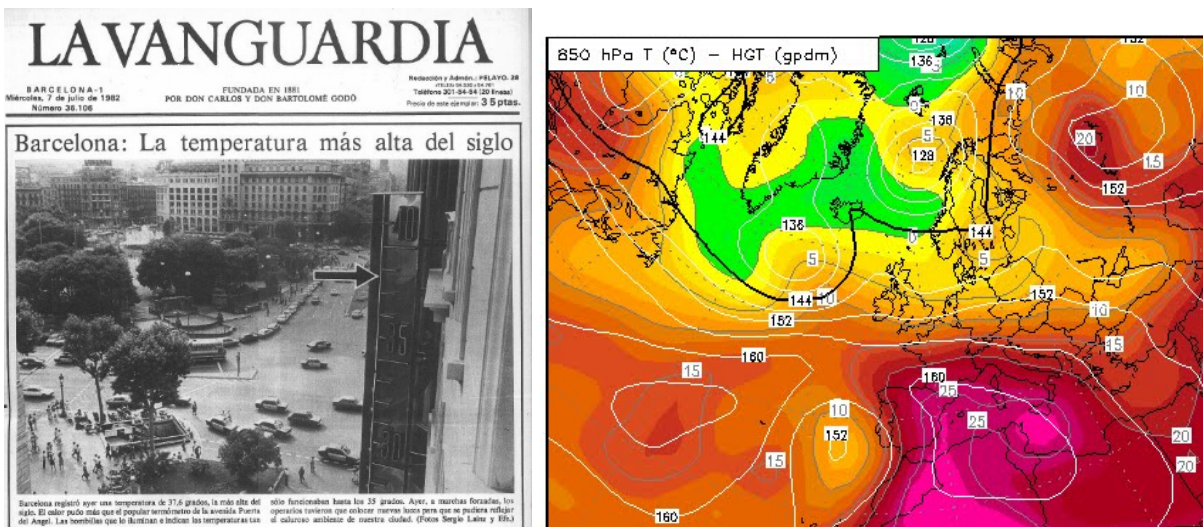


Font: elaboració pròpia a partir de dades de diferents estacions meteorològiques

De les diferents onades de calor que ha tingut Barcelona, per la seva intensitat destaquen especialment les dels anys 1982, on es van registrar temperatures rècord, i la del 2003, que va tenir un període de duració excepcionalment llarg.

Al **juliol del 1982** es va enregistrar unes temperatures força elevades, arribant l'Observatori Fabra als 39,8°C (el 6 de juliol), rècord absolut de temperatura de tota la sèrie de més de 100 anys. A més, la mínima de la nit següent va estar al voltants dels 30° en molts barris de Barcelona, generant un ambient molt tòrrid que va dificultar el descans nocturn.

Imatge 7: Portada del diari de la Vanguardia el 7 d juliol de 1982 i mapa de la T° a 850 hPa del dia 6 de juliol.



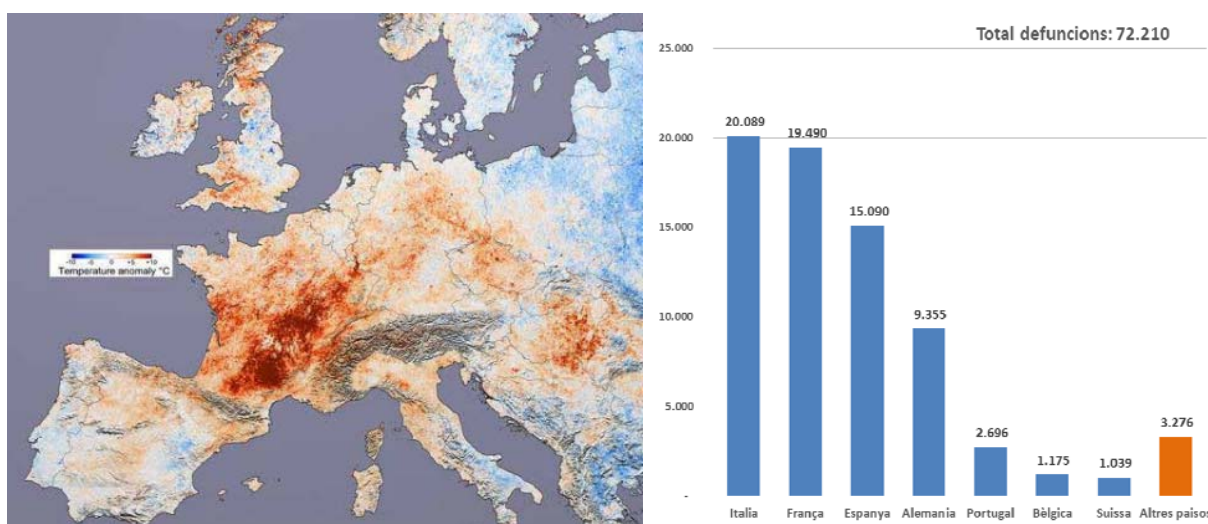
Font: La Vanguardia i <http://historiadeltmps.blogspot.com.es/2011/08/la-calorada-de-juliol-de-1982.html>

L'altra gran onada de calor que ha patit Barcelona va ser la de **l'agost del 2003**. Aquesta onada no només va afectar Catalunya i Espanya, sinó va afectar a 15 països del sud d'Europa i va produir la mort de més de 72.000 persones degut a la calor. Es considera el pitjor desastre climàtic d'Europa dels últims 50 anys pel que fa a nombre de morts⁶.

La intensitat d'aquesta onada de calor va ser deguda a la coincidència de diversos factors climàtics. El principal va ser que des del maig fins l'agost, una gran massa d'aire calent i sec es va situar sobre el Mediterrani, provocant una situació anticiclònica amb temperatures molt altes i donant lloc a un gran nombre d'incendis, els quals accentuaven encara més l'ambient ja de per sí càlid. Però també van coincidir altres factors climàtics, com que a França hi va haver una reducció dels corrents verticals d'aire, fet que facilitava l'expansió de l'onada de calor i impedia la formació de núvols verticals.

Els països més afectats van ser Itàlia i França, amb aproximadament unes 20.000 defuncions. Espanya va ser el tercer país més afectat, amb unes 15.000 defuncions.

Imatge 8: Mapa d'anomalies de temperatures a Europa (2003 respecte 2001) i nombre de morts per països associades a l'onada de calor del 2003.

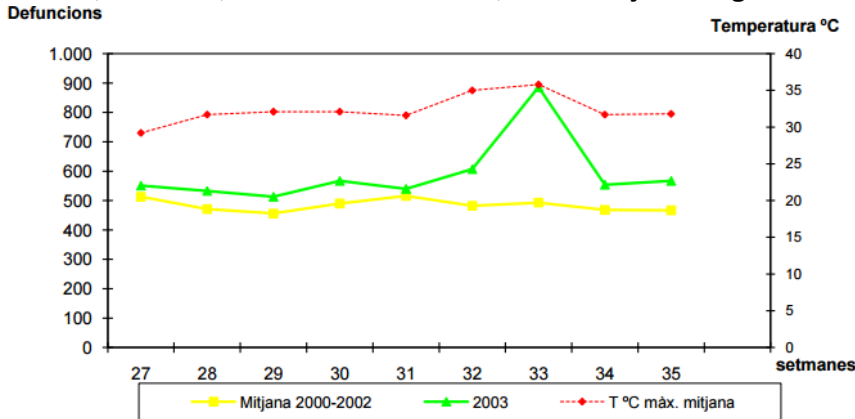


Font: NASA (mapa) i World Meteorological Organization (defuncions)

Pel que fa a Catalunya, segons el "*Pla d'actuació per prevenir els efectes de les onades de calor*" sobre la Salut de l'Agència de Salut Pública de Catalunya, durant les setmanes del 3 al 16 d'agost de 2003, en què les temperatures màximes van arribar als 35°C de mitjana, es van superar en un 53% els valors de mortalitat comparats amb els registrats durant les mateixes setmanes de l'any 2002.

⁶ Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2012). World Meteorological Organization (WMO), 2014.

Imatge 9: Defuncions dels residents de 7 municipis: Hospitalet de Llobregat, Manresa, Santa Coloma de Gramenet, Sabadell, Terrassa i Barcelona, durant el juliol i agost del 2003.



Font: Pla d'actuació per prevenir els efectes de les onades de calor sobre la salut (POCS). Agència de Salut Pública de Catalunya.

Imatge 10: Notícies de la Vanguardia del 19 i 21 d'agost del 2003 sobre l'onada de calor del 2003



Font: La Vanguardia

A més d'un excés de mortalitat, també es va observar un increment en el nombre d'ingressos no programats als hospitals de Catalunya, que van augmentar un 7,5% al juliol i l'agost del 2003 respecte als mateixos mesos del 2002. L'increment d'ingressos es va concentrar durant el període comprès entre el 7 i el 20 d'agost, coincidint amb els augmentos tèrmics més elevats i sostinguts.

A continuació s'analitzen en detall les onades de calor del juliol del 2015 i la de l'agost del 2012. S'han escollit aquestes dues onades de calor degut a que són les onades de calor més recents que ha patit la ciutat i a més de les que es disposa més informació. De la resta d'onades de calor, no es disposava de la suficient informació per a poder fer un anàlisi que permetés veure les variacions de temperatures dins de la pròpia ciutat.

2.1.3. ONADA DE CALOR DEL JULIOL 2015

L'última onada de calor que ha patit Barcelona va ser el juliol de 2015, concretament des del 4 fins al 7 d'aquest mes. En el desenvolupament d'aquesta onada de calor va haver-hi dos factors clau, l'anticicló provinent de les Açores i la irrupció d'aire sec i càlid provinent del Sàhara.

La posició i moviment de les masses d'aire va implicar una situació d'onada de calor destacada per la seva magnitud i extensió. Bona part de la Península Ibèrica va estar sotmesa a aquesta onada, així com diverses zones del centre i sud del continent europeu.

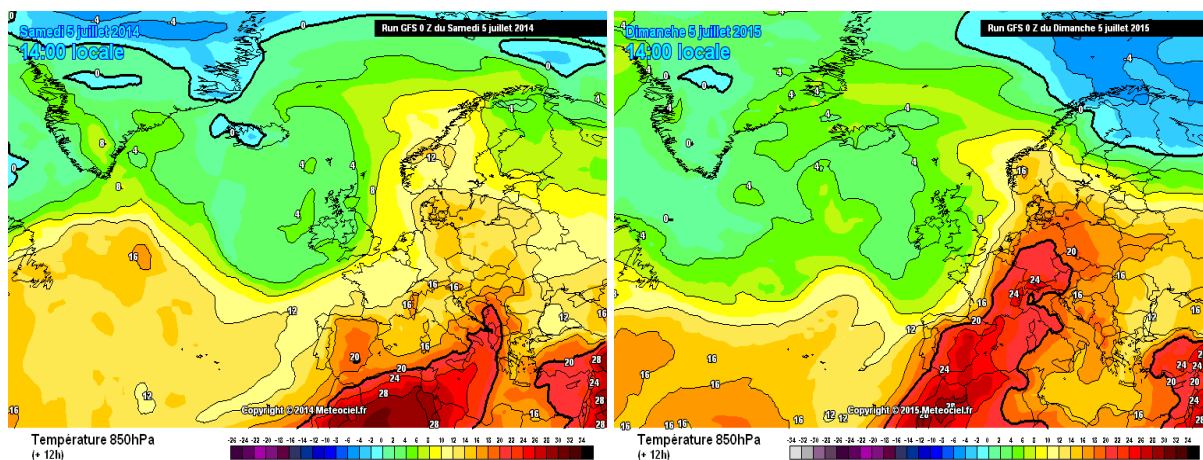
Durant la vintena del mes de juny, una borrasca situada al sud d'Islàndia va impedir l'ascens de l'anticicló de les Açores cap al nord de l'Atlàntic, quedant-se a l'alçada de la Península Ibèrica. Tanmateix, l'extensió de la pròpia borrasca cap al sud a finals de mes va implicar que l'anticicló s'acabés desplaçant i allargant cap al nord-est direcció Península Ibèrica, centre i sud d'Europa.

Aquesta irrupció anticiclònica, molt marcada especialment a principis de juliol, va aportar altes pressions, absència de nuvolositat i va afavorir una important irrupció d'aire sec i molt càlid provinent del nord d'Àfrica, implicant una pujada molt notable de les temperatures, tant les diürnes com les nocturnes al centre i sud del continent Europeu.

A més, l'entrada càlida i seca per part de l'anticicló va tenir lloc pocs dies després del solstici d'estiu, quan la insolació és més important i el dia encara és molt llarg. La situació de calor es va veure encara més reforçada per l'entrada de vents de component sud-oest (garbí), augmentant la incidència de calor.

L'extensió i consolidació de l'anticicló al sud i a bona part del centre d'Europa, juntament a un desplaçament lent, va afavorir a una situació d'elevades temperatures durant diversos dies en el mes de juliol.

Imatge 11: Comparativa entre el 5 de juliol 2014 (a l'esquerra) i el 5 de juliol del 2015 (dreta), en plena onada de calor.

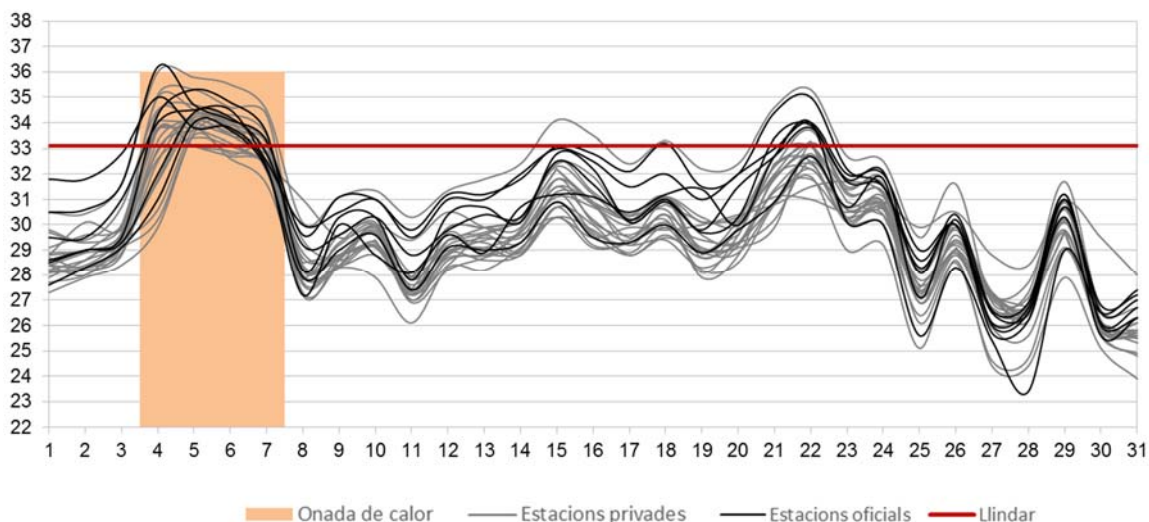


Per a poder analitzar en detall aquesta onada de calor a Barcelona s'ha recopilat la informació de 25 estacions meteorològiques de Barcelona (7 estacions oficials i 18 estacions no oficials), més 26 estacions dels voltants de la ciutat (3 estacions oficials i 23 estacions no oficials).

De totes les 18 estacions no oficials que s'han incorporant en aquest anàlisi s'han revisat la seva informació, per descartar mesures poc coherents amb la resta de dades del seu entorn immediat.

A continuació es mostra l'evolució de les temperatures de les 25 estacions analitzades a Barcelona, on es pot veure clarament que els dies 4, 5, 6 i 7 es va superar el llindar de 33,1°C.

Imatge 12: Evolució durant el mes de juliol del 2015 de les temperatures màximes de les 25 estacions de Barcelona.



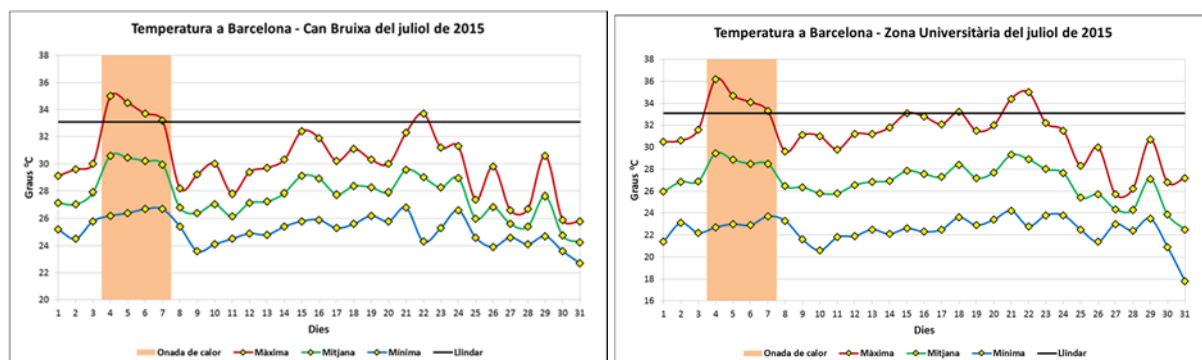
Font: elaboració pròpia a partir de diferents estacions meteorològiques de Barcelona.

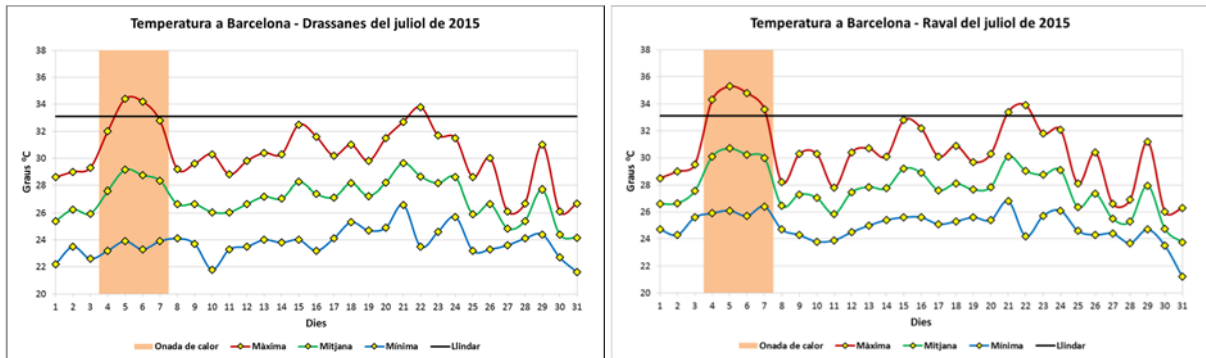
Tal i com es pot veure en el gràfic anterior, el més de juliol d'aquell any en general va ser força calorós. Cal destacar que altres dies van superar el llindar de l'onada de calor dels 33,1°C, però no durant el període de tres dies. En aquest cas es pot dir que el 22 d'agost hi va haver un episodi de calor.

Per tenir una idea de l'augment de la temperatura, estacions com la de La Verneda i del Parc del Guinardó van registrar un increment de fins a 4,7 °C de la seva temperatura màxima diària durant el període d'onada de calor respecte la resta del mes de juliol.

De les 25 estacions analitzades, a continuació es mostra l'evolució d'algunes de les estacions que s'ha considerat rellevants, ja sigui perquè és l'estació on es van registrar uns valors molt elevats (Zona Universitària o Can Bruixa), o bé perquè es situen en una zona propera al litoral (Drassanes) o bé per caracteritzar un entorn urbà i central (Raval).

Imatge 13: Valors de temperatura d'algunes estacions de Barcelona durant l'onada del 2015.





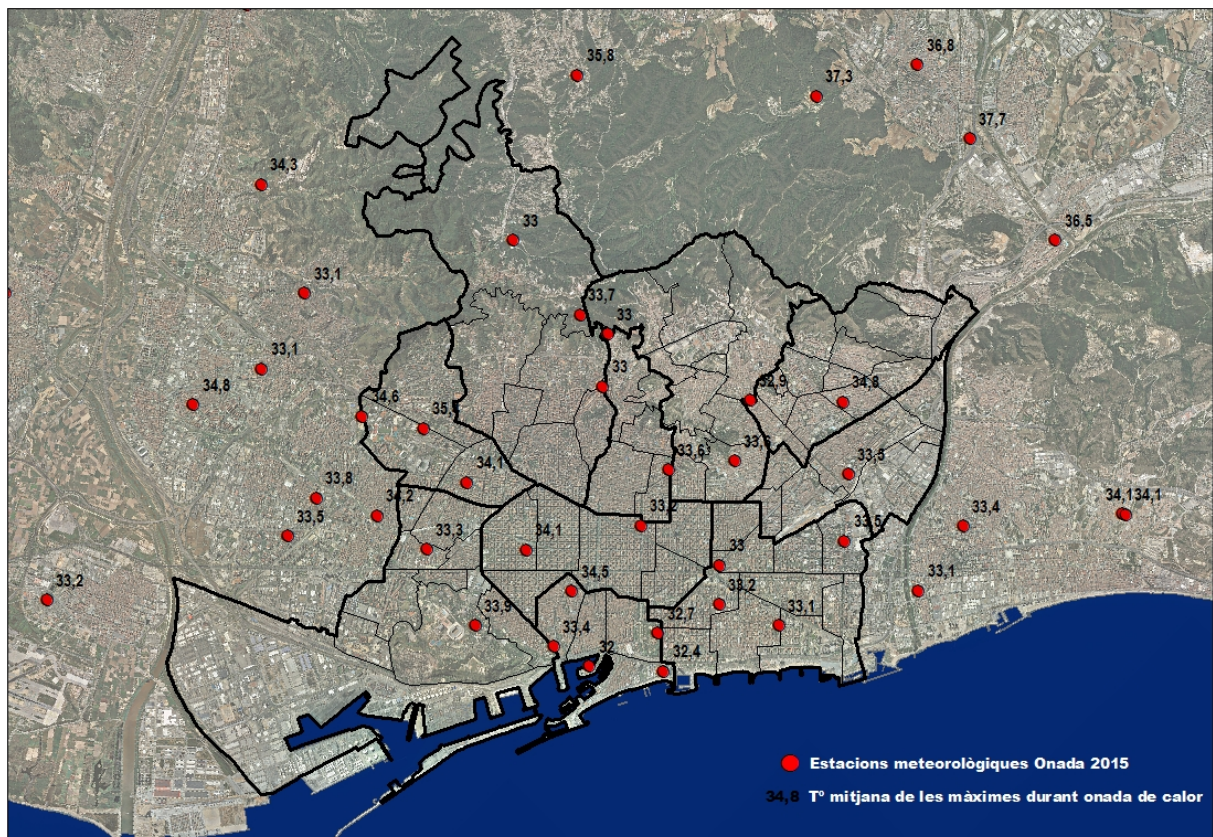
Font: elaboració pròpia a partir de diferents estacions meteorològiques de Barcelona i voltants.

Tal i com es pot veure, el comportament de les diferents estacions és força similar, però es pot veure algunes petites diferències, com és una atenuació de les temperatures per un possible efecte de proximitat a la zona litoral.

A la ciutat de Barcelona, de les 25 estacions oficials i privades considerades, la temperatura més alta durant el període d'onada de calor del 4 al 7 de juliol de 2015 la va assolir l'estació de Zona Universitària, amb 36,2 °C el dia 4.

Però si agafem la temperatura màxima diària durant els 4 dies de l'onada i fem una mitjana, l'estació que presenta un major valor és la de la Facultat de Física (districte de Les Corts), amb una temperatura màxima mitjana de 35,4 °C. En canvi, la temperatura màxima mitjana més baixa en aquests 4 dies es va registrar al Reial Club Nàutic (districte de Ciutat Vella), amb valors de 32 °C.

Imatge 14: Temperatures mitjanes màximes de l'onada de calor del juliol del 2015



Font: Barcelona Regional a partir de dades de diferents estacions

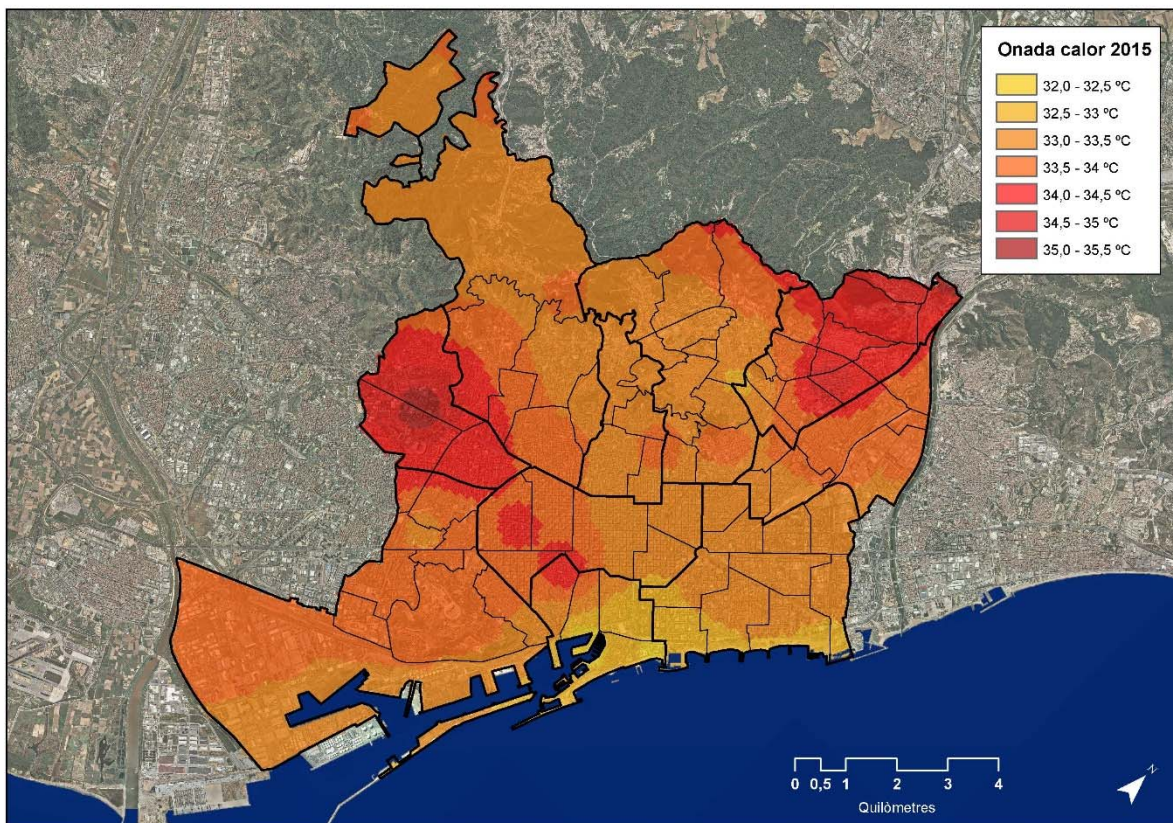
A partir de les temperatures mitjanes màximes de cada estació, i mitjançant una interpolació amb el mètode IDW (Inverse Distance Weighted⁷) obtenim un mapa, que permet veure una aproximació de la distribució territorial que l'onada de calor va tenir sobre els barris de Barcelona.

De manera generalitzada, la zona on l'onada de calor del juliol del 2015 va ser a priori més intensa és la zona de Les Corts, especialment a l'entrada de la Diagonal. Aquesta zona més càlida s'estén per part de l'esquerra de l'Eixample fins arribar a plaça Universitat.

Un altre del nuclis càlids és la zona del districte de Nou Barris, a la zona més propera a Collserola i al riu Besòs. Cal dir que en aquesta zona no es disposen de moltes estacions amb dades, fet que pot haver influenciat en els resultats de l'interpolació.

Per contra, les zones amb uns valors més baixos coincideixen especialment amb la zona litoral, concretament a la zona de la Barceloneta i el Poblenou. Es possible que l'efecte del mar minimitzés lleugerament les altes temperatures registrades a la resta de la ciutat, ja que es veu un lleuger descens de les temperatures a la franja litoral.

Imatge 15: Interpolació de les temperatures mitjanes màximes de l'onada de calor del juliol del 2015.



Font: Barcelona Regional

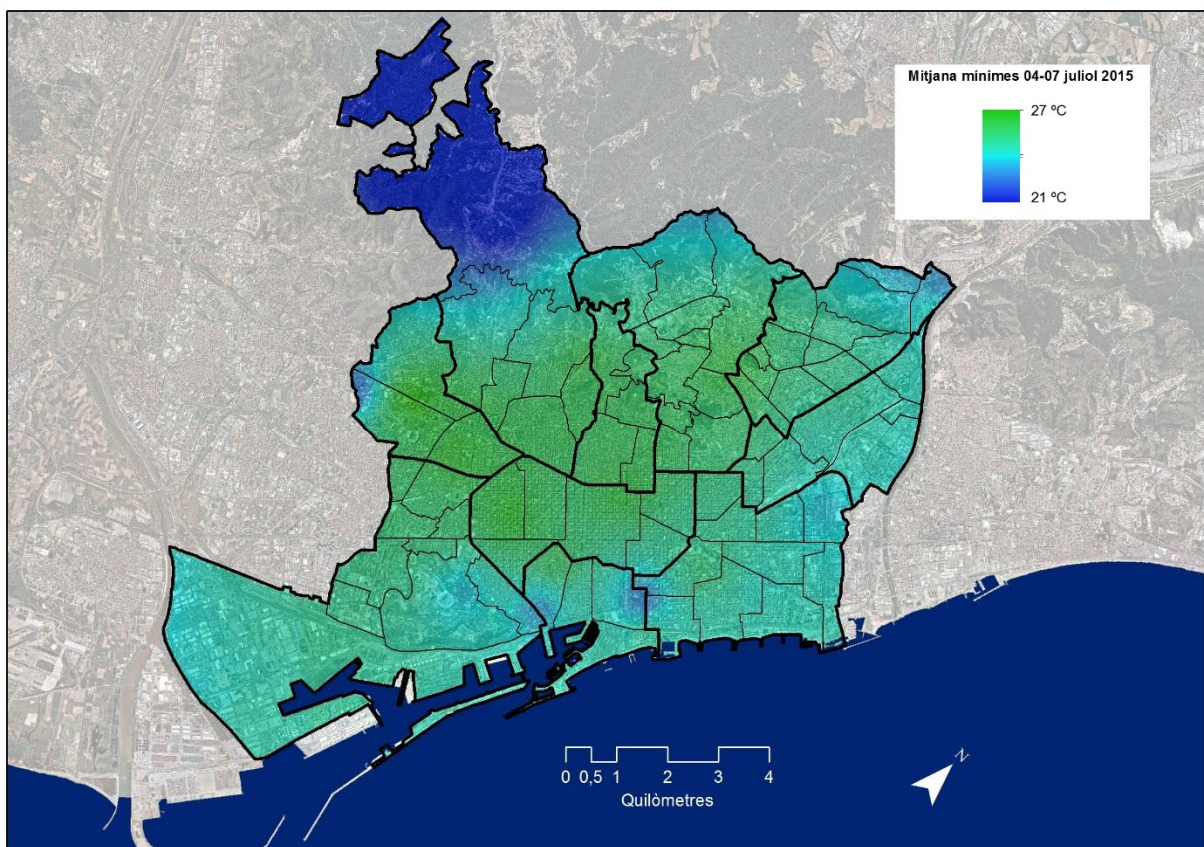
Les temperatures mínimes també van ser més elevades, encara que no van experimentar un augment tan significatiu com les màximes. La temperatura mínima més alta durant el període

⁷ Inverse Distance Weighted (o en català Distància Inversa Ponderada); mètode d'interpolació en el que el valor de la variable que es representa cartogràficament va disminuint a mesura que hi ha més distància des del punt on es troba aquest valor.

d'onada de calor la va registrar l'estació de la Facultat de Física amb 27,7 °C el dia 7 de juliol. De fet, aquest dia va ser quan es van assolir les mínimes més altes a 22 de les 25 estacions analitzades. Si agafem la temperatura mínima diària durant els 4 dies de l'onada i fem una mitjana, l'estació que presenta un major valor també és la de la Facultat de Física, amb una temperatura mitjana mínima de 26,9 °C.

Si s'interpolen les temperatures mitjanes mínimes amb el mètode IDW, s'observa que les temperatures mínimes més elevades durant l'onada de calor van tenir lloc a tot el centre de la ciutat i a altres indrets com Les Corts. Per contrapartida, els indrets on les mínimes van ser relativament més suaus són les zones exteriors de la ciutat, com l'àrea de Collserola, el Besòs, el litoral, Montjuïc i la zona Universitària.

Imatge 16: Temperatures mitjanes mínimes de l'onada de calor del juliol del 2015

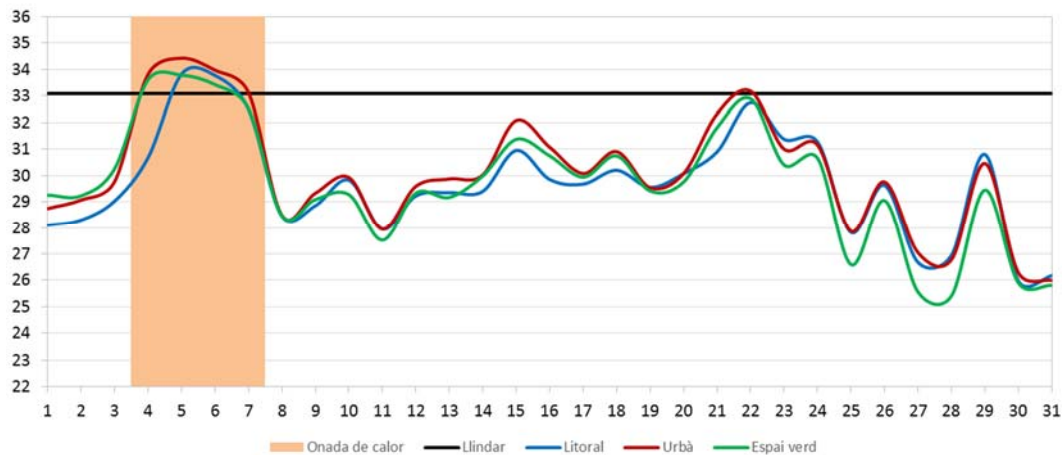


Font: Barcelona Regional

Per últim, en funció de l'emplaçament de l'estació es pot distingir una certa tendència de la temperatura si es té en compte si l'estació s'ubica en una zona situada al litoral, al centre de la ciutat, o bé pròxims a espais verds importants de la ciutat.

Tal i com es pot veure en el següent gràfic, les estacions situades al centre de la ciutat són les que presenten uns valors de temperatura màxima més elevats. Mentre que les estacions situades a les proximitats de zones verdes importants (Collserola, Montjuïc, Parc del Guinardó) són les estacions que presenten uns valors lleugerament més baixos. Durant els 4 dies d'onada, les estacions més urbanes van registrar valors de temperatura màxima per sobre de la resta.

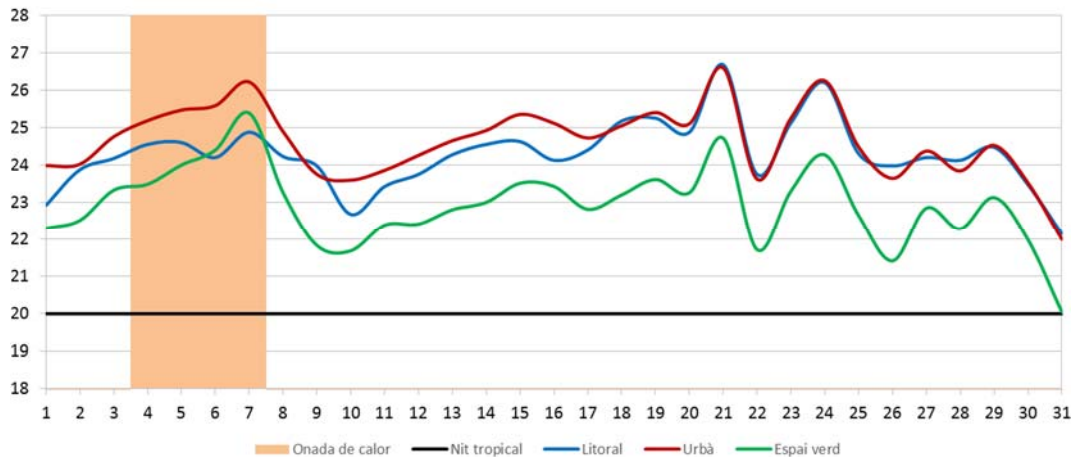
Imatge 17: Mitjana de la temperatura màxima durant el juliol de 2015 de les estacions meteorològiques de Barcelona segons emplaçament



Font: elaboració pròpia a partir de diferents estacions meteorològiques de Barcelona.

En el cas de les mínimes, també els valors més elevats es van assolir en estacions centríques en la majoria dels dies del mes, tot i que hi ha una major diferència respecte les estacions més properes al litoral i ubicades i pròximes a espais verds. Tanmateix, durant els 4 dies d'onada, les estacions més urbanes van registrar valors de temperatura mínima per sobre de la resta.

Imatge 18: Mitjana de la temperatura mínima durant el juliol de 2015 de les estacions meteorològiques de Barcelona segons emplaçament



Font: elaboració pròpia a partir de moltes fonts d'informació diverses.

2.1.4. ONADA DE CALOR DE L'AGOST 2012

L'onada de calor del 2012 va ser menys intensa que la del 2015, però va tenir un període de duració més llarg. En concret van ser 5 dies, del 19 al 23 d'agost.

Aquesta onada va tenir com a principal factor una important irrupció càlida i seca des del nord del continent africà, implicant un notable augment de les temperatures i absència de nuvolositat.

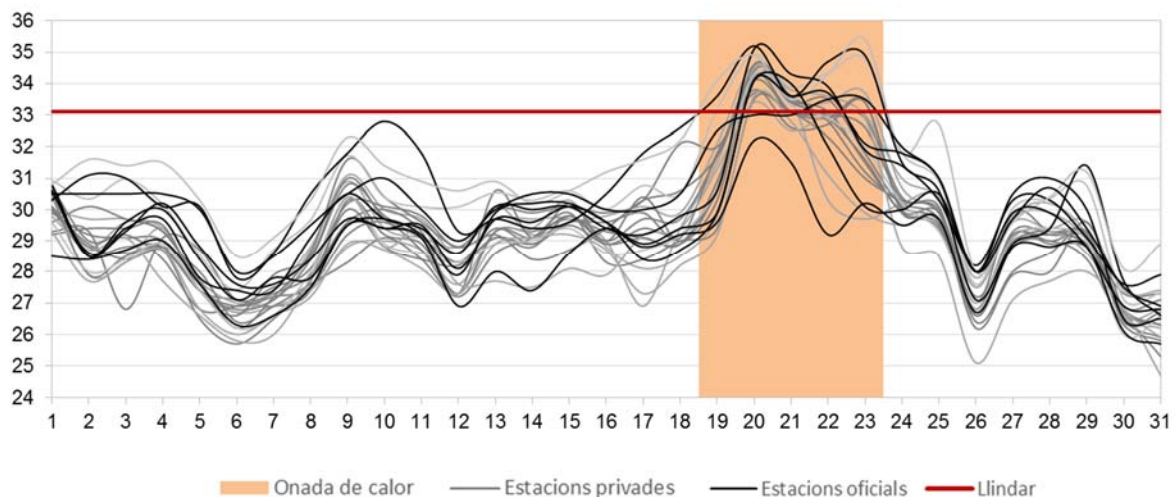
La consolidació a mitjans d'agost d'una borrasca entre el sud d'Islàndia i l'oest de les illes britàniques va impedir l'ascens en aquestes latituds de la llengua anticiclònica i càlida provinent del nord d'Àfrica. Aquest fet va provocar que aquesta irrupció es produís més a l'est, dirigint-se cap a la Península Ibèrica, centre i sud del continent Europeu. Degut a l'extensió de la càlida massa d'aire, la seva incidència també va arribar fins gairebé al Mar del Nord.

La intensitat, l'extensió i la persistència de l'entrada càlida va comportar una situació d'elevades temperatures, tant de les diürnes com de les nocturnes, durant aproximadament una setmana a bona part del centre i sud d'Europa.

Per a poder analitzar en detall aquesta onada de calor a Barcelona s'ha recopilat la informació de 23 estacions meteorològiques de Barcelona (7 estacions oficials i 16 estacions no oficials), més 20 estacions dels voltants de la ciutat (2 estacions oficials i 18 estacions no oficials).

A continuació es mostra l'evolució de les temperatures de les 23 estacions analitzades a Barcelona, on es pot veure clarament que entre els dies 19 i 23 d'agost es va superar el llindar de 33,1°C.

Imatge 19: Evolució durant el mes d'agost del 2012 de les temperatures màximes de les 23 estacions de Barcelona.



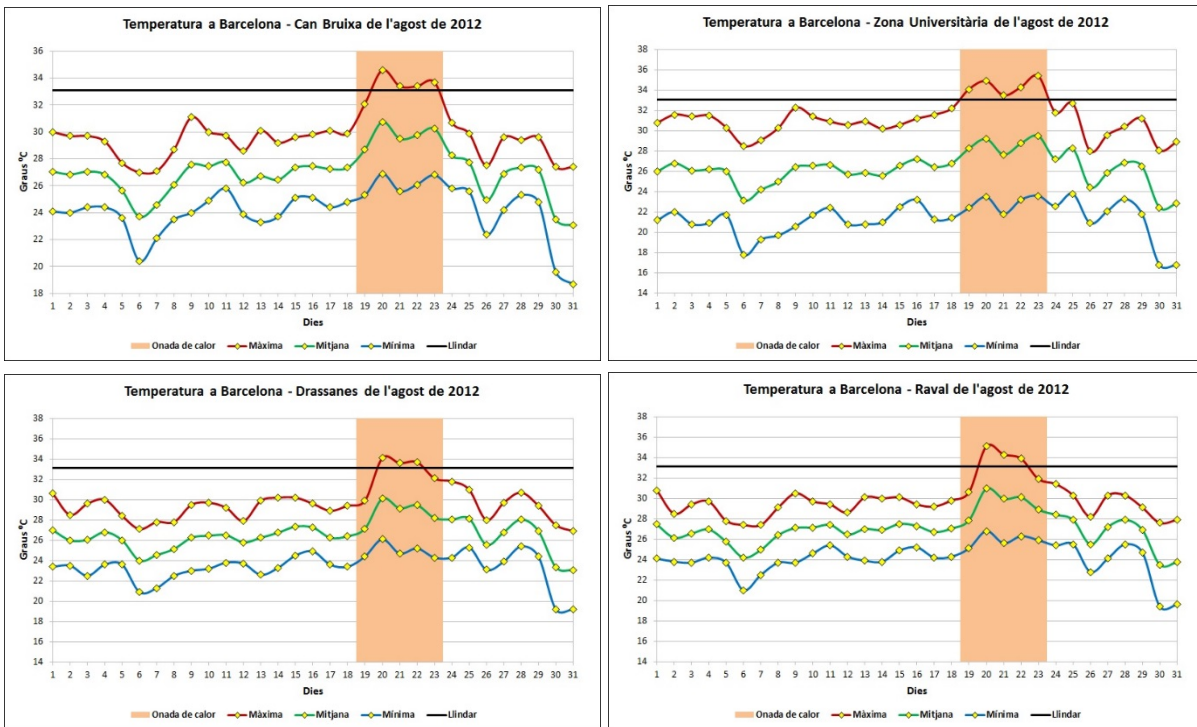
Font: elaboració pròpia a partir de diferents estacions meteorològiques de Barcelona i voltants.

Malgrat aquesta onada de calor va tenir temperatures inferiors a les de l'onada del 2015, l'estació del Parc de Collserola van registrar un increment de fins a 4,7 °C de la seva temperatura màxima diària durant el període d'onada de calor respecte la resta del mes d'agost.

A la ciutat de Barcelona, de les 23 estacions oficials i privades considerades, la temperatura més alta durant el període d'onada de calor del 19 al 23 d'agost de 2012 la va assolir l'estació de Zona Universitària, amb 35,4 °C el dia 23.

De les 23 estacions analitzades, a continuació es mostra l'evolució d'algunes de les estacions que s'ha considerat rellevants, ja sigui perquè és l'estació on es van registrar uns valors molt elevats (Zona Universitària o Can Bruixa), o bé perquè es situen en una zona propera al litoral (Drassanes) o bé per caracteritzar un entorn urbà i central (Raval).

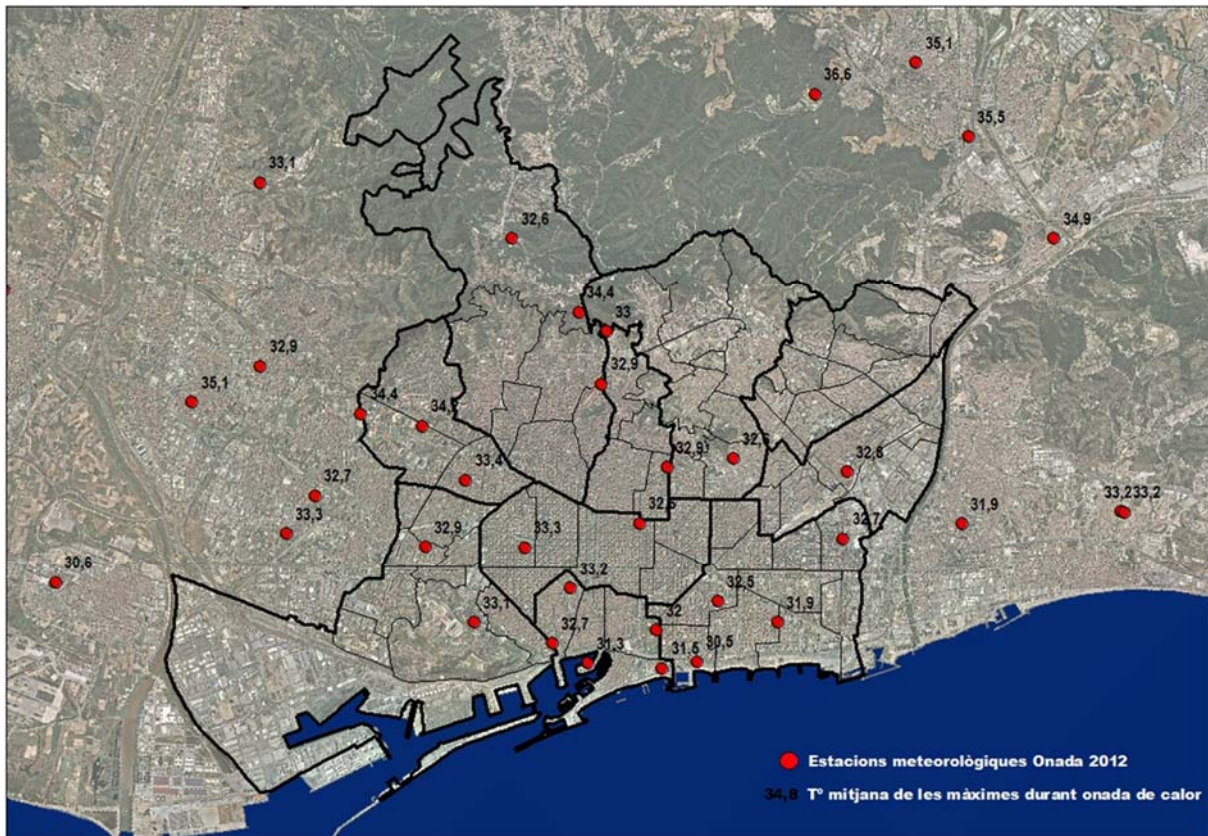
Imatge 20: Valors de temperatura d'algunes estacions de Barcelona durant l'onada de 2012.



Font: elaboració pròpia a partir de diferents estacions meteorològiques de Barcelona i voltants.

Si es fa una mitjana de la temperatura màxima diària durant els 5 dies de l'onada l'estació que presenta un registre més alt és la de la Zona Universitària amb 34,4 °C.

Imatge 21: Temperatures mitjanes màximes de l'onada de calor de l'agost del 2012

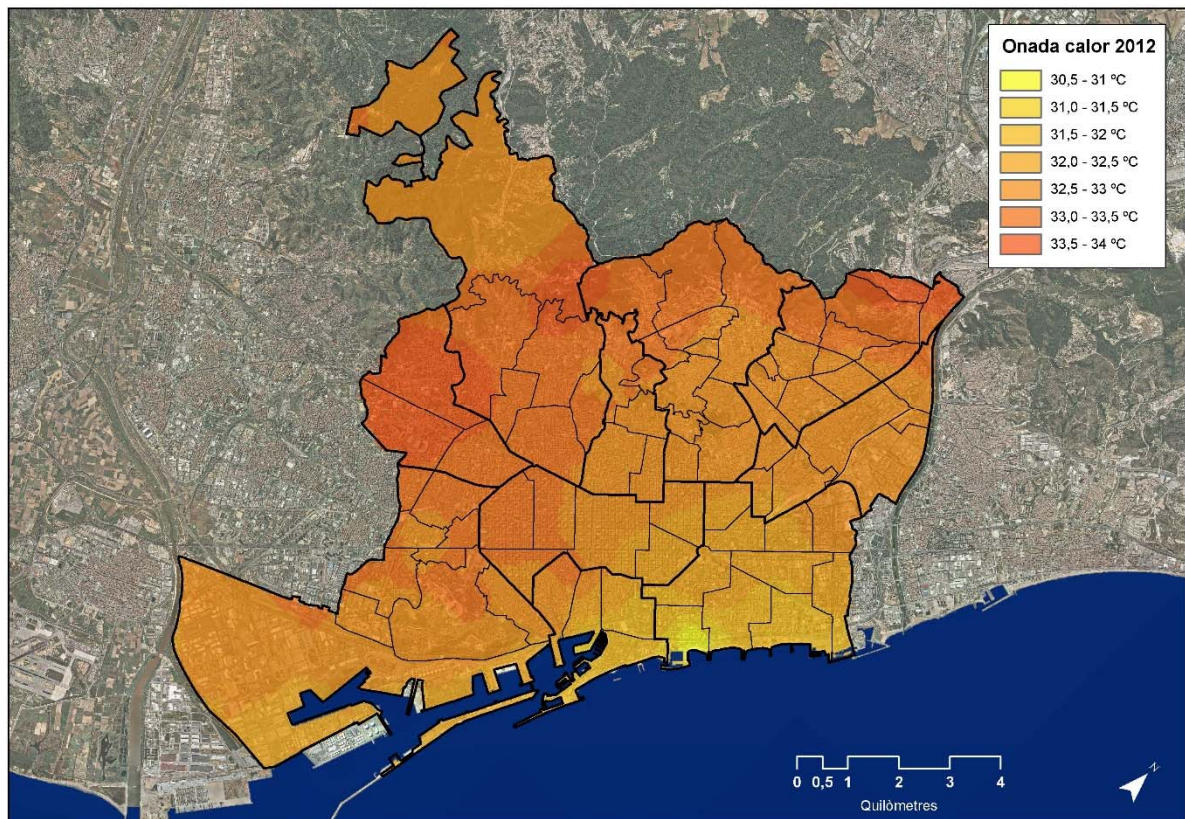


Font: Barcelona Regional a partir de dades de diferents estacions

A partir de les temperatures mitjanes màximes de cada estació, i mitjançant una interpolació amb el mètode IDW obtenim un mapa, que permet veure una aproximació de la distribució territorial que l'onada de calor va tenir sobre els barris de Barcelona.

De manera més generalitzada, les temperatures més elevades durant l'onada de calor es van registrar a l'àrea del districte de Les Corts, en zones del nord de Nou Barris i en punts de l'Esquerra de l'Eixample i Ciutat Vella. Els indrets on les temperatures van ser menys elevades es concentren, bàsicament, al litoral, concretament a la zona de la Barceloneta i el Poblenou.

Imatge 22: Interpolació de les temperatures mitjanes màximes de l'onada de calor de l'agost del 2012.

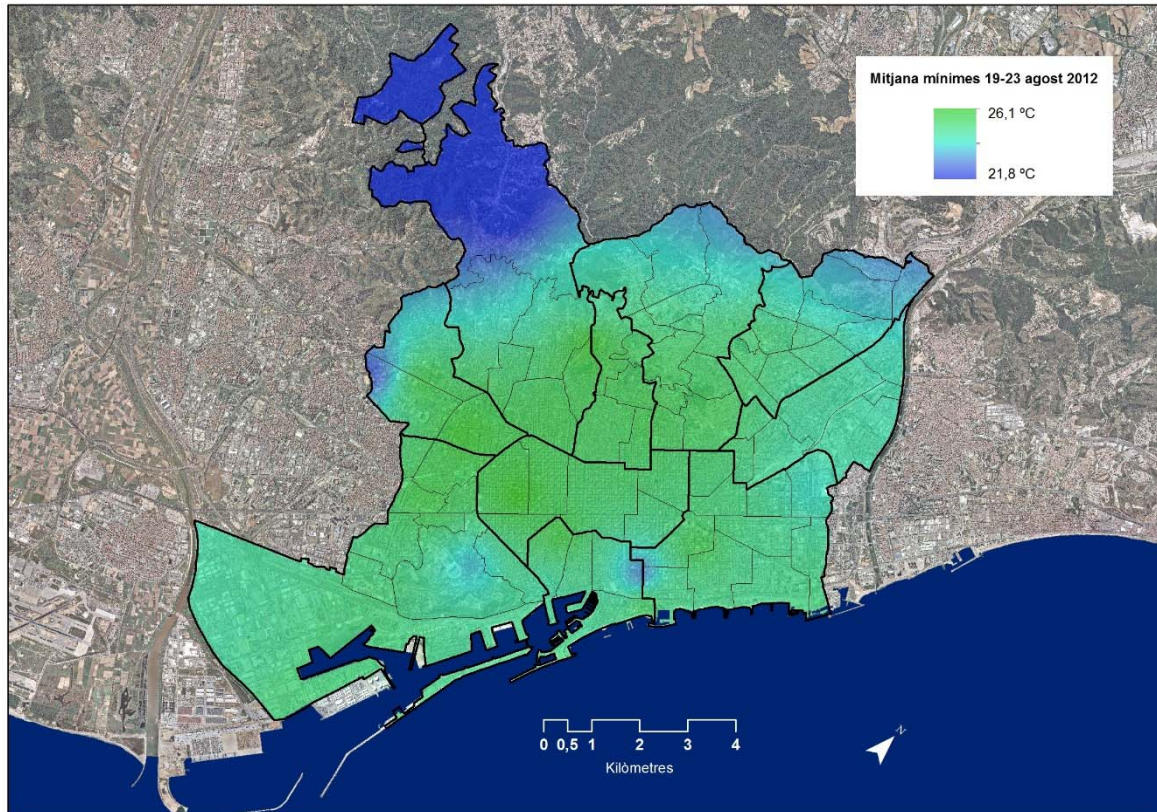


Font: Barcelona Regional

Les temperatures mínimes també van ser més elevades, encara que no van experimentar un augment tan significatiu com les màximes. La temperatura mínima més alta durant el període d'onada de calor la va registrar l'estació de l'Eixample Esquerra amb 27,1 °C el dia 20 d'agost. Precisament aquest dia va ser quan es van assolir les mínimes més altes a 17 de les 23 estacions analitzades. Si s'agafa la temperatura mínima diària durant els 5 dies de l'onada i fem una mitjana, l'estació que presenta un major valor també és la de l'Eixample Esquerra, amb una temperatura mitjana mínima de 26,2 °C.

Si s'interpolen les temperatures mitjanes mínimes amb el mètode IDW, s'observa que a nivell general, les temperatures mínimes més elevades durant l'onada de calor van tenir lloc a tot el centre de la ciutat i a altres indrets com Les Corts. Per contrapartida, els indrets on les mínimes van ser relativament més suaus són les zones exteriors de la ciutat, com l'àrea de Collserola i el Besòs, a més d'altres punts com la Ciutadella, Montjuïc i la Zona Universitària.

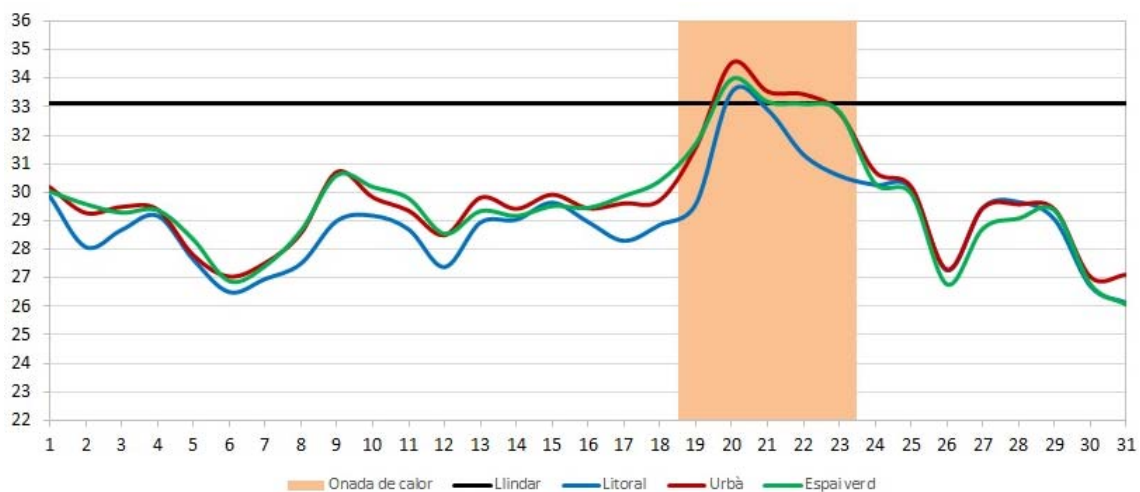
Imatge 23: Temperatures mitjanes mínimes de l'onada de calor de l'agost del 2012



Font: Barcelona Regional

Per últim, igual com a l'onada del 2015 es pot distingir una certa tendència de la temperatura en funció de l'emplaçament de l'estació (litoral, centre ciutat o pròxima a espais verds importants). Pel que fa a les màximes, els valors més elevats es van assolir en estacions cèntriques en la majoria dels dies del mes. De fet, durant els 5 dies d'onada, les estacions més urbanes van registrar valors de temperatura màxima clarament superiors a les del litoral.

Imatge 24: Mitjana de la temperatura màxima durant l'agost de 2012 de les estacions meteorològiques de Barcelona segons emplaçament

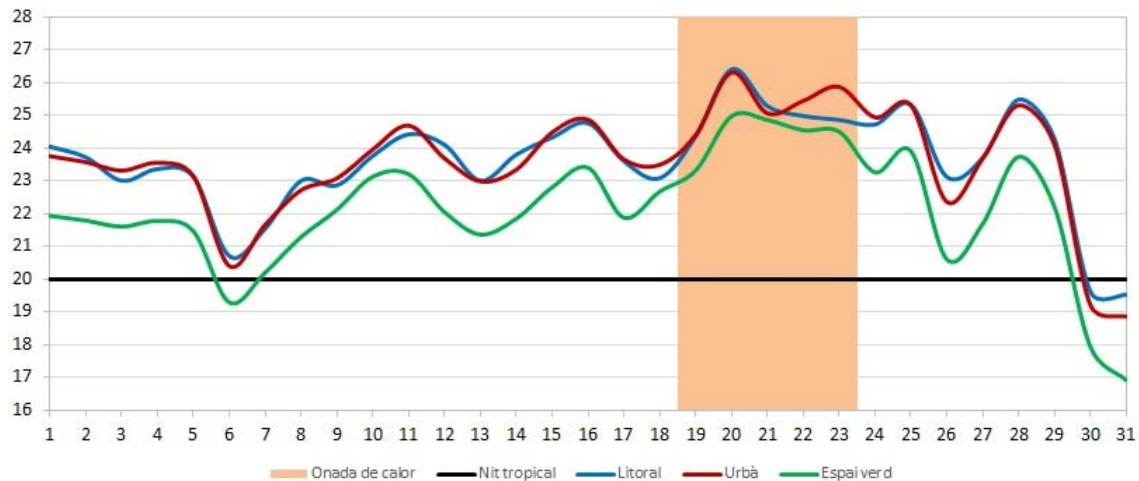


Font: elaboració pròpia a partir de diferents estacions meteorològiques de Barcelona.

En el cas de les mínimes, els valors més elevats assolits durant tot el mes es van repartir entre les estacions cèntriques i les litorals. En la majoria del mes, la diferència entre ambdós tipus

d'estacions i les ubicades en espais verds ha sigut evident, on en aquestes les temperatures mínimes van ser més baixes. Tanmateix, durant els 5 dies d'onada, les estacions més urbanes i litorals van registrar valors de temperatura mínima per sobre de les estacions en espais verds.

Imatge 25: Mitjana de la temperatura mínimes durant l'agost de 2012 de les estacions meteorològiques de Barcelona segons emplaçament



Font: elaboració pròpia a partir de diferents estacions meteorològiques de Barcelona.

2.1.5. PRINCIPALS CONCLUSIONS DE LES ONADES DE CALOR ANALITZADES

La mitjana de les temperatures màximes registrades durant l'onada de calor del juliol de 2015 van ser més altes que les registrades durant l'onada de l'agost de 2012. En zones del centre i el litoral hi va haver una major diferència. Les estacions de l'àmbit litoral van registrar una mitjana de 0,9 °C superior respecte el 2012. Un exemple es troba amb l'estació del Poblenou, on durant l'onada del 2015, la mitjana de les màximes diàries va ser d'1,2 °C superior a la del 2012.

A l'onada del 2015, la temperatura màxima més alta va ser de 36,2°C, registrada a Zona Universitària. I la mínima més elevada va ser de 27,7°C, assolida a la Facultat de Física. A l'onada del 2012 la temperatura màxima més alta va ser de 35,4°C també a Zona Universitària. I la mínima més elevada va ser de 27,1°C, a l'Eixample Esquerra.

La temperatura mitjana de les màximes en el conjunt de totes les estacions analitzades durant l'onada del 2015 va ser de 33,5°C, mentre que la temperatura mitjana de les mínimes va ser de 25,1°C. Pel que fa a l'onada del 2012, la temperatura mitjana màxima va ser de 32,8°C, mentre que la temperatura mitjana mínima també va ser de 25,1°C, com el 2015.

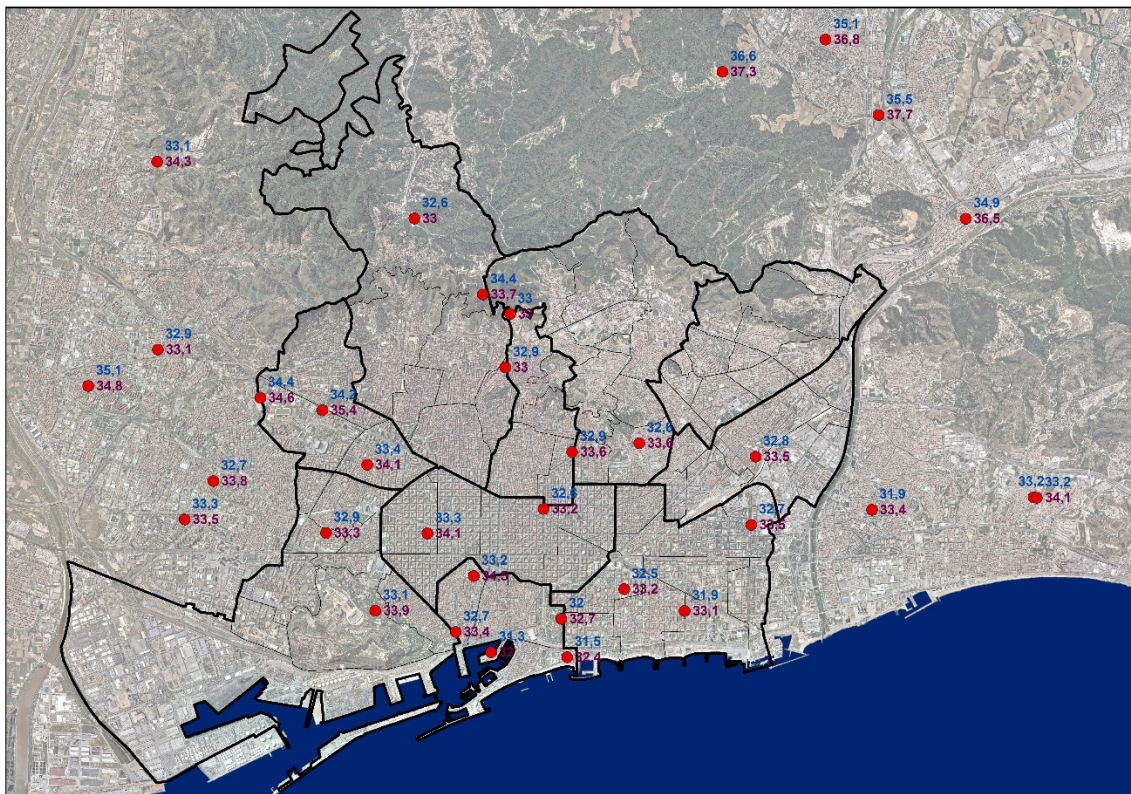
Les estacions situades en un context més urbà van registrar una mitjana de 0,7 °C superior respecte el 2012. En aquest cas cal destacar l'estació del Raval, on a l'onada del 2015 es va assolir una mitjana de les màximes diàries d'1,3 °C superior a la del 2012, essent, a més, l'estació amb la variació més elevada respecte les dues onades de calor.

Pel que fa a les estacions ubicades en l'entorn d'espai verd, només van registrar una variació de 0,3 °C durant l'onada del 2015 respecte a la del 2012, sent la menor diferència de la mitjana

de les temperatures màximes diàries entre ambdues onades de calor si la comparem amb les estacions dels àmbits litoral i urbà. De fet, l'Observatori Fabra és la única de totes les estacions barcelonines analitzades que amb l'onada del 2015 va tenir una mitjana de les temperatures mitjanes màximes inferior que el 2012, amb una disminució de 0,7 °C.

Altres estacions que van registrar una major diferència entre ambdues onades van ser la de la Facultat de Física, amb un augment d'1,2 °C el 2015 respecte l'any 2012, i el Guinardó, amb un increment d'1 °C. L'estació del Maduixer va ser l'única que va tenir la mateixa mitjana de les màximes diàries durant les dues onades de calor.

Imatge 26: Temperatures de les estacions registrades durant les onades de calor del 2015 (lila) i del 2012 (blau)



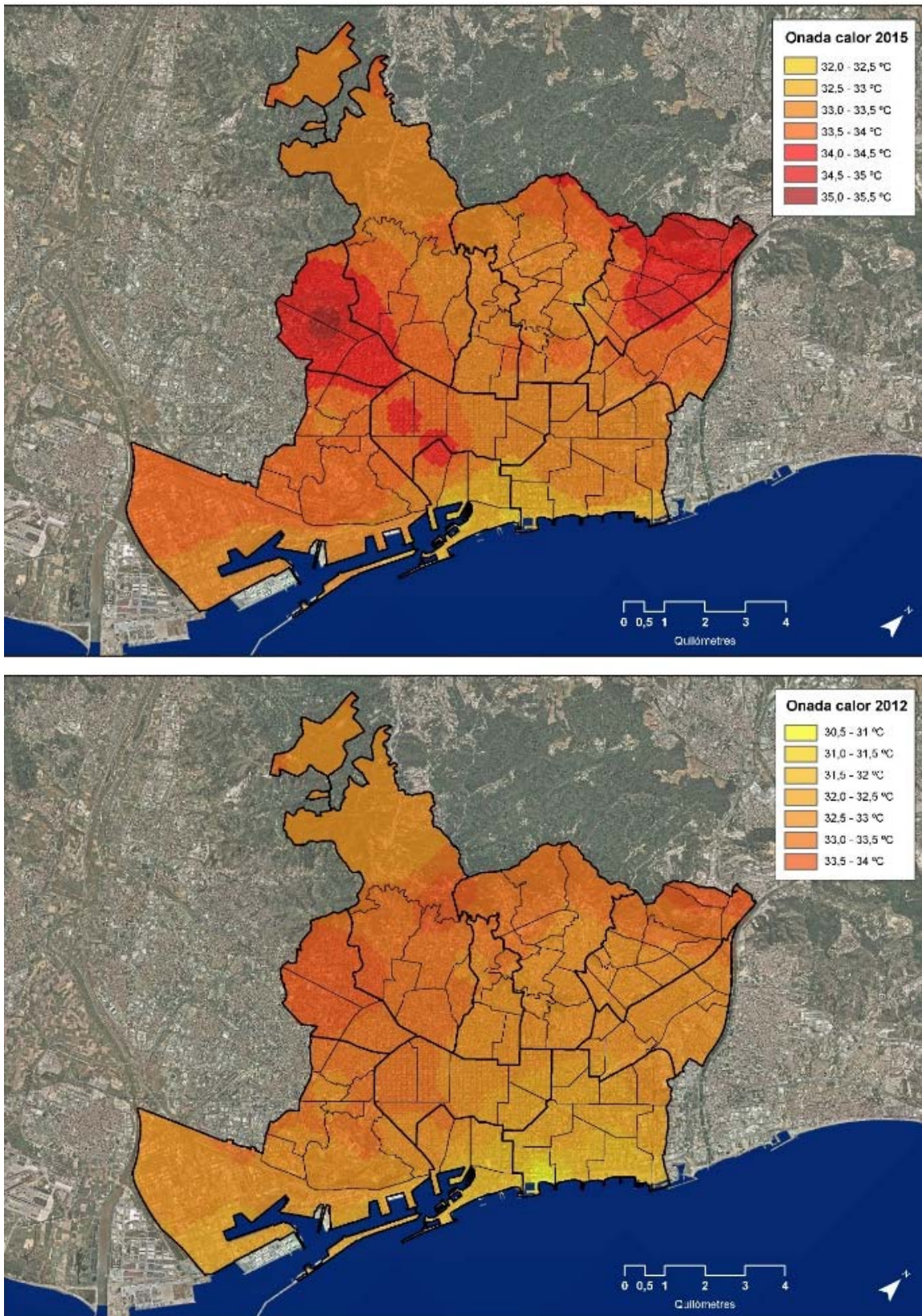
Font: Barcelona Regional

Finalment, si s'analitza la distribució territorial de les dues darreres onades de calor a Barcelona, es pot veure que hi ha territorialment les zones amb uns valors de temperatura més elevats es situen a la zona de Les Corts – Eixample Esquerra, al districte de Nou Barris i a Ciutat Vella. Per contra, les zones amb una temperatures menys elevades es situen a la zona litoral, concretament a la zona de la Barceloneta i el Poblenou.

La zona central de la ciutat és la que presenta una menor variació entre la temperatura màxima i mínima. És a dir, és la que presenta una inèrcia tèrmica més elevada. En aquest cas cal tenir en compte una possible interferència de l'efecte illa de calor.

A continuació es mostren les imatges de les onades de calor del 2015 i 2012, representades amb la mateixa escala de colors per a que puguin ser comparades.

Imatge 27: Comparativa de les onades de calor del 2015 (sobre) i del 2012 (sota)



Font: Barcelona Regional

2.2. QUINES CARACTERÍSTIQUES ENS FAN MÉS VULNERABLES A LES ONADES DE CALOR?

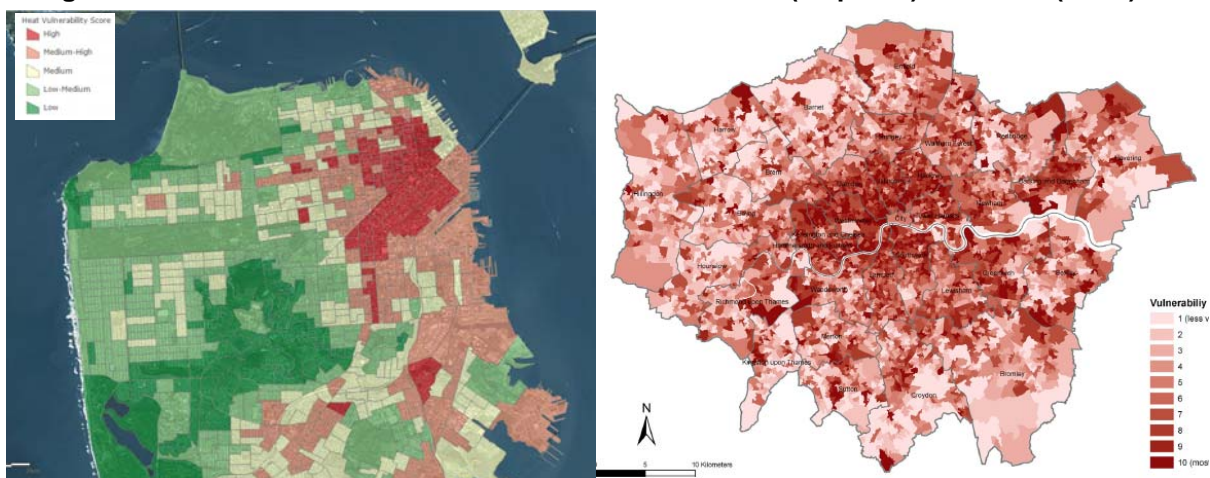
Els impactes que les onades de calor comporten sobre la salut i la qualitat de vida és un dels temes emergents a les grans ciutats, on la gran concentració de gent i el factor addicional de l'efecte illa de calor fan que sigui un risc a tenir cada cop més en compte.

Per reduir els efectes de les onades de calor algunes ciutats han optat per caracteritzar i territorialitzar el grau de sensibilitat davant d'aquest risc mitjançant el desenvolupament d'índexs de vulnerabilitat. L'objectiu és destacar les zones amb major vulnerabilitat, per a que es puguin aplicar les mesures de mitigació o adaptació adequades a la situació específica d'aquell barri o zona de la ciutat.

Vàries ciutats han desenvolupat els seus propis índexs de vulnerabilitat a la calor, incloent els paràmetres que han valorat com a més representatius de les seves ciutats. Cal destacar, que la diversitat i varietat de paràmetres emprats en els diferents casos és força diversa i es fa difícil extreure'n uns criteris homogenis per a totes les ciutats.

Dos bons exemples de ciutats que han desenvolupat un índex de vulnerabilitat interessant, són les ciutats de San Francisco i Londres.

Imatge 28: Índex de Vulnerabilitat a la calor de San Francisco (esquerra) i Londres (dreta)



Font: City and country of San Francisco i "The development of a heat wave vulnerability index for London, United Kingdom"

En el cas de San Francisco per calcular l'índex de vulnerabilitat a la calor, han considerat la vulnerabilitat social (etnicitat, aïllament lingüístic, educació, ingressos, baixa densitat d'arbres), l'aïllament social (viure sol, densitat laboral), la qualitat de l'aire (qualitat, asma, temperatures del setembre), la manca d'espais verds (no accés als parcs, baixa densitat d'arbres, temperatures setembre i maig) i la gent gran (proporció residents en llars d'avis i gent > 65 anys).

Mentre que a la ciutat de Londres els principals paràmetres utilitzats són l'aïllament tèrmic de la casa, la població major de 65 anys, viure sol, l'aïllament social i no disposar d'aire condicionat. Altres paràmetres utilitzats però que tenen un menor pes són viure al centre de la ciutat (i estar exposats a l'efecte illa de calor), viure en un pis alt, l'alta densitat poblacional,

els malalts crònics, el baix nivell econòmic, les minories, no sortir de casa cada dia i viure en institucions.

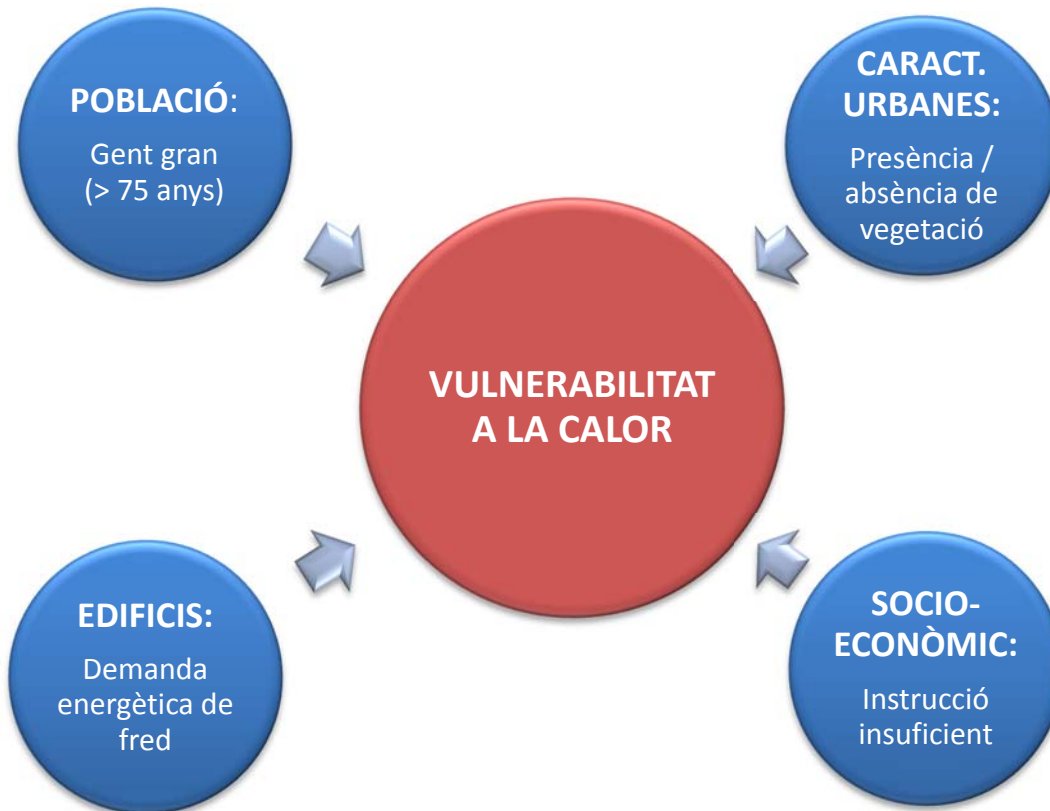
Comparant els criteris utilitzats per les dues ciutats, hi ha alguns criteris que sí que coincideixen, però ni ha molts que són específics de cada una d'elles. A més, la importància relativa que donen a cada paràmetre tampoc és del tot coincident.

En el cas de Barcelona, a l'hora de plantejar una possible aproximació a la vulnerabilitat a les onades de calor, s'ha consultat a l'Agència de Salut Pública de Barcelona (ASPB) per conjuntament determinar quines variables eren les més rellevants per caracteritzar la vulnerabilitat a tota la ciutat.

Com a resultat d'aquestes consultes es va determinar que els aspectes més rellevants per determinar la vulnerabilitat davant les onades de calor, estaven relacionats bàsicament en característiques poblacionals, característiques urbanes, característiques energètiques i característiques socioeconòmiques.

- **Característiques poblacionals:** en aquest cas, degut al gran nombre d'estudis i articles en els quals es relacionava l'edat com un factor de risc davant les onades de calor, s'ha considerat important incorporar aquesta variable. I seguint el consell de la pròpia ASPB, l'edat de tall utilitzada és la dels 75 anys.
- **Característiques dels edificis:** per intentar caracteritzar el grau d'atenuació o vulnerabilitat que ofereixen els edificis residencials davant les onades de calor, ja que és on major temps passen les persones, i sobretot és el lloc de descans nocturn, s'ha agafat el paràmetre del comportament energètic dels edificis. En concret s'ha agafat la demanda teòrica de fred de cada tipologia d'edifici, on a més demanda d'energia per a refrigerar significa que és més vulnerable davant les onades de calor.
- **Característiques urbanes:** la manca de verd s'ha inclòs com a un dels aspectes urbans determinants a incrementar la vulnerabilitat a les altes temperatures. L'efecte de la vegetació enmig de la trama urbana, fa de termoregulador mitigant les altes temperatures.
- **Característiques socioeconòmiques:** un bon indicador que ens mostra les característiques socioeconòmiques és el Instrucció Insuficient. Aquest indicador va ser proporcionat per l'ASPB i ens indica el % de població de 16 i més anys que és analfabeta o sense estudi, respecte el total de la població de 16 i més anys.

Imatge 29: Paràmetres de vulnerabilitat de Barcelona davant les onades de calor



Font: elaboració pròpia

A continuació s'analitzen un per un tots aquests paràmetres i posteriorment es mostra un mapa amb la seva distribució territorial a la ciutat, per veure quines zones tenen més o menys risc.

Els mapes que es mostren estan a nivell de secció censal, ja que gran part de la informació dels diferents paràmetres tenen aquest nivell de detall. La seva representació es basa en la normalització del paràmetre, és a dir, en la desviació respecte a la mitjana de la ciutat, indicant en gama de colors verds els valors que estan millor que la mitjana de la ciutat (respecte la vulnerabilitat a la calor) i en gama de colors vermells les zones que estan pitjor.

2.2.1. POBLACIONALS: POBLACIÓ DE RISC

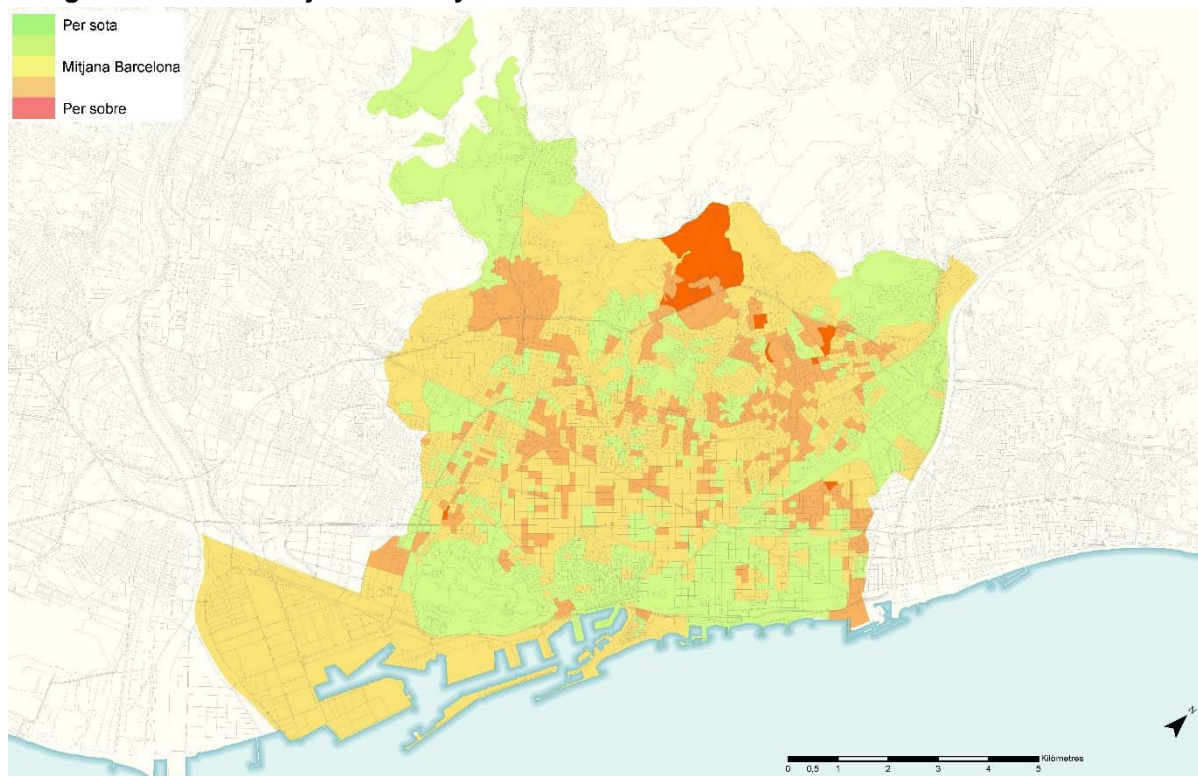
Tal i com ja s'ha esmentat al llarg del capítol, les onades de calor són especialment perjudicials per a certs col·lectius com el ancians, els nadons i els malalts crònics.

Finalment dels diferents grups de risc s'ha considerat rellevant només agafar el grup d'ancians. Aquesta discriminació s'ha fet perquè els nadons formen part d'un grup en que normalment en situacions d'altres temperatures es troben força protegits i vigilats pels seus cuidadors. En el cas dels malalts crònics s'ha desestimat incloure'ls per la dificultat d'obtenció de dades d'ubicació d'aquest col·lectiu de risc.

L'edat de tall considerada ha estat la de la població major a 75 anys, tal i com ja esmentava un estudi del CREAL⁸ basat en l'onada de calor a Barcelona l'any 2003 i també segons el criteri de l'ASPB.

La font d'informació ha estat el padró 2015 de l'Ajuntament de Barcelona, i la seva representació ha estat a nivell de secció censal.

Imatge 30: Població major de 75 anys de cada secció censal



Font: Barcelona Regional, a partir de dades del padró del 2015

Analitzant la distribució territorial d'on viu la població major de 75 anys, es veu que una part es concentra als barris d'Horta – Guinardó, Nou Barris, els barris de Sant Martí situats més cap el Besòs i part de Collserola. En segon terme, però de forma més dispersa destaca l'Eixample, i alguns barris de Sants-Montjuïc i les Corts.

Per altra banda, els districtes amb menys presència de població major de 75 anys són Ciutat Vella, Sant Andreu i la part nova o en transformació de Sant Martí, que es tradueix a una baixa vulnerabilitat.

2.2.2. CARACTERÍSTIQUES DE L'EDIFICI: COMPORTAMENT ENERGÈTIC

Una altra variable important a tenir en consideració és el comportament energètic de l'edifici, sobretot pel que fa a la demanda de fred, ja que indirectament ens diu el major o menor confort de l'edifici en el supòsit que aquest no disposi d'aire condicionat.

⁸ Differences on the effect of heat waves on mortality by sociodemographic and urban landscape characteristics. Xu Y, Davvand P, Barrera-Gómez J, et al. *J Epidemiol Community Health*. Publicat a internet primer: 26 de febrer 2013. doi: 10.1136/jech-2012-201899

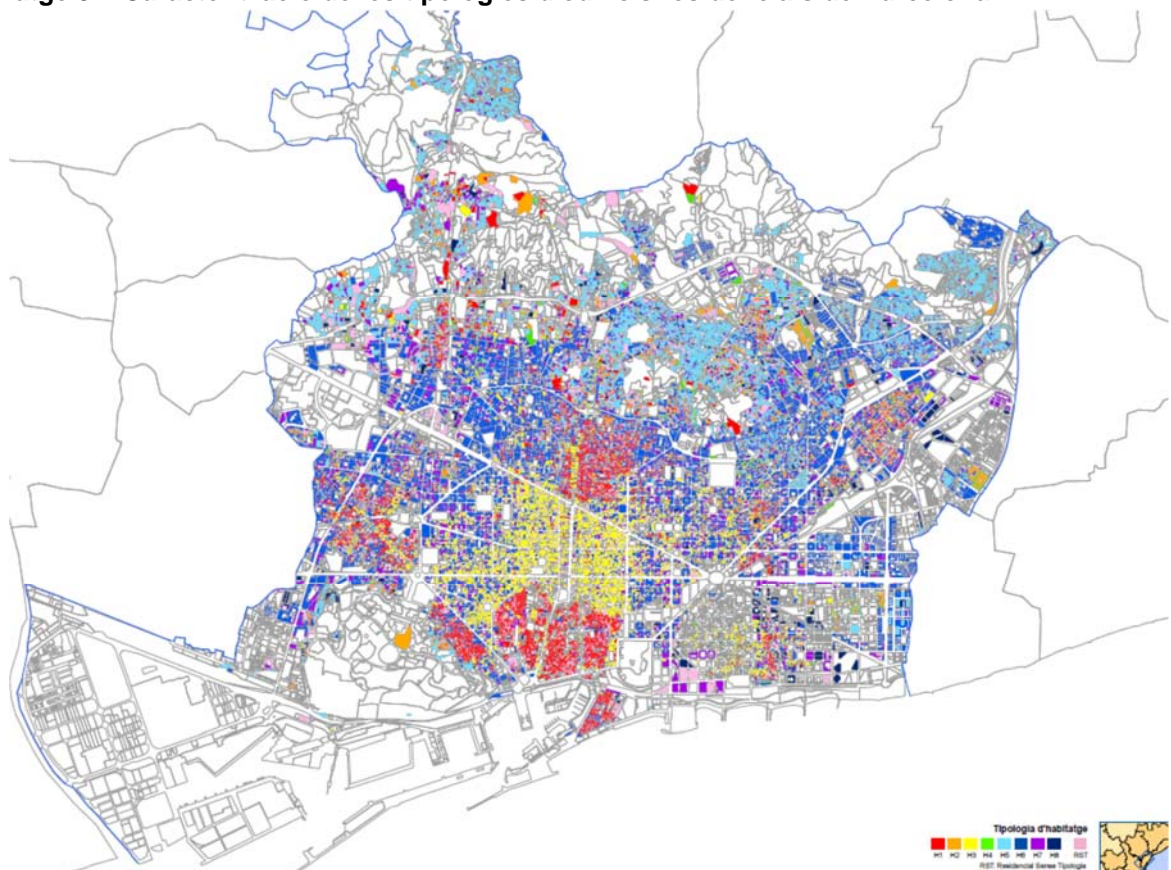
Dins dels treballs realitzats per l'Ajuntament de Barcelona en el marc del Pla d'Energia, Canvi climàtic i Qualitat ambiental (PECQ), es va realitzar una caracterització de les tipologies d'edificis residencials de Barcelona. Les principals tipologies analitzades va ser les següents:

Imatge 31. Tipologia i característiques de l'habitatge a Barcelona

TIPOLOGIA	Breu descripció	Època de construcció
H1 i H2	HABITATGE EN CASC ANTIC	SOBRETOT FINS A FINALS DEL SEGLE XIX, TOT I QUE ES PODEN TROBAR MÉS RECENTS, A ZONES ON LA PARCEL·LACIÓ HO AFAVORIA.
H3 i H4	HABITATGE DE PRE-GUERRA (EIXAMPLE)	DES DEL COMENÇAMENT DE L'EXPANSIÓ DE BARCELONA A L'EIXAMPLE (MITJANS SEGLE XIX) FINS ALS ANYS 30.
H5 i H6	HABITATGE DE POSTGUERRA (DESENVOLUPAMENT I EXPANSIÓ EN POLÍGONS)	DES DEL PERÍODE DE RECONSTRUCCIÓ DE LA POSTGUERRA (1940) FINS AL TARDO-DESARROLLISME (1979)
H7	HABITATGE POST NORMES TÈRMiques	HABITATGE POST NORMES TÈRMiques
H8	HABITATGE TENDÈNCIES ANYS 2000	ANYS 2000-2007
H9	HABITATGE POST CODI TÈCNIC EDIFICACIÓ	EDIFICIS CONSTRUITS SEGONS NORMATIVA CTE

Font: Pla d'Energia, Canvi climàtic i Qualitat ambiental (PECQ). Ajuntament de Barcelona

Imatge 32: Caracterització de les tipologies d'edificis residencials de Barcelona



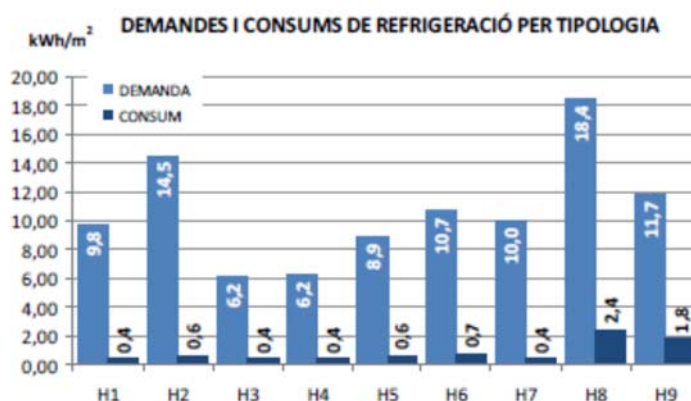
Font: Pla d'Energia, Canvi climàtic i Qualitat ambiental (PECQ). Ajuntament de Barcelona

Per a cada una d'aquestes tipologies es va modelitzar la demanda de refrigeració, per veure el grau de confort que podia oferir el propi edifici davant de les altes temperatures. Tal i com es pot veure en el gràfic següent, hi ha moltes diferències entre tipologies, i no necessàriament l'evolució de la construcció al llarg dels anys ha anat cap a una millorar la demanda de fred.

Per exemple, els habitatges construïts durant els anys 2000-2007 són els que tenen una major demanda de refrigeració, mentre que els habitatges construïts abans de la guerra (des de mitjans del S XIX fins els anys 30) són els que tenen una menor demanda.

Aquesta dada contrasta amb les demandes de calefacció, ja que en aquest cas sí que es veu clarament una reducció de la demanda al llarg dels anys. Però en el cas de refrigeració no succeeix el mateix. Val a dir que la incorporació del Código Técnico de la Edificación (CTE) va suposar una millora respecte a la situació anterior.

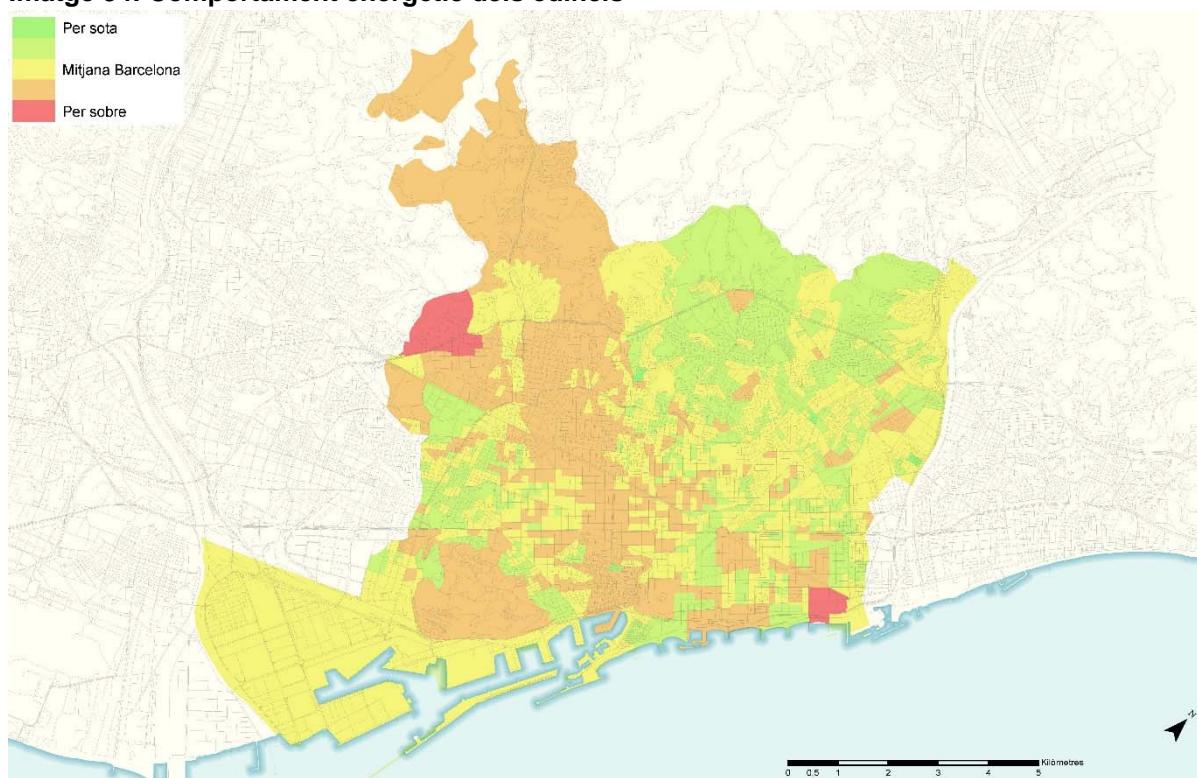
Imatge 33: Demandes i consums de refrigeració per les diferents tipologies d'habitatge a Barcelona.



Font: Pla d'Energia, Canvi climàtic i Qualitat ambiental (PECQ). Ajuntament de Barcelona

A partir d'aquestes dades, i gràcies a la territorialització que va fer el propi estudi PECQ de l'Ajuntament de Barcelona, s'ha pogut analitzar i sintetitzar el comportament energètic dels edificis per secció censal.

Imatge 34: Comportament energètic dels edificis



Font: Barcelona Regional, a partir de dades del PECQ

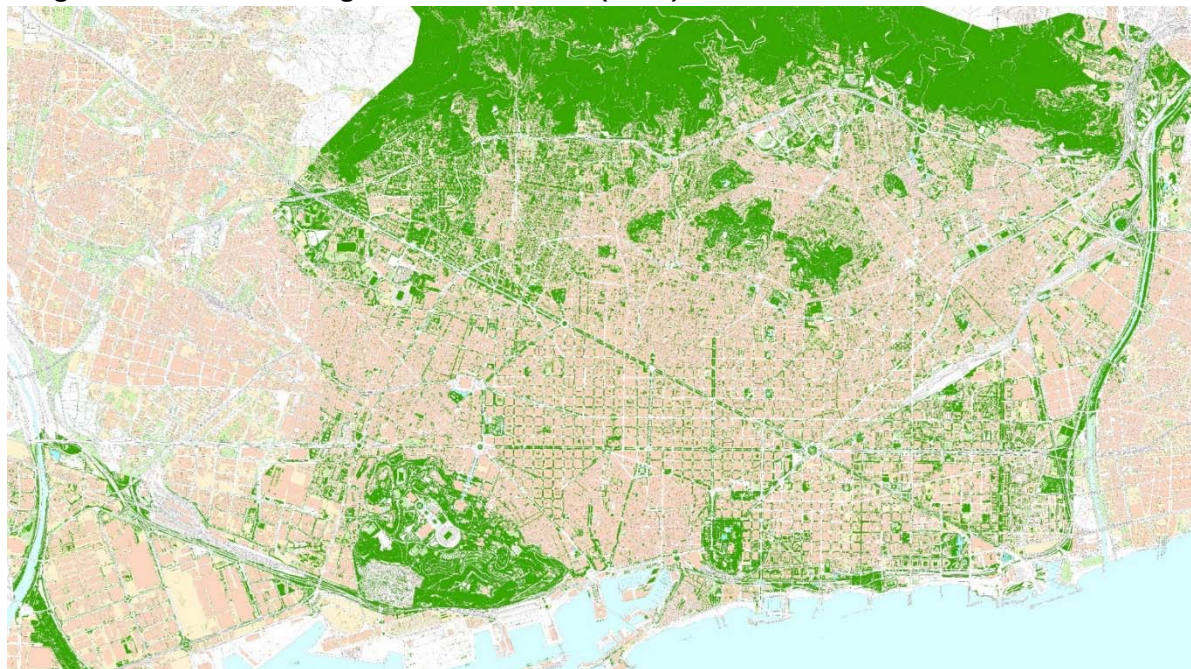
Tal i com es pot veure en el mapa anterior, les zones amb un millor comportament energètic respecte a la demanda de fred es situen als districtes d'Horta, Nou Barris, Gràcia, i part de Sants i Sant Andreu. Per contra, hi ha una franja que travessa la ciutat de mar a muntanya amb habitatges que tenen unes demandes energètiques de fred elevades i per tant són edificacions vulnerables a les altes temperatures. Aquesta franja inclou els districtes de Sarrià – Sant Gervasi, Les Corts, Eixample, i part dels barris més nous o transformats del districte de Sant Martí.

2.2.3. CARACTERÍSTIQUES URBANES: MANCA DE VEGETACIÓ

La manca de vegetació és un dels factors a tenir en compte amb la vulnerabilitat davant la calor. A les zones amb poca presència de vegetació el risc davant les temperatures altes és molt més alt que no pas les zones amb abundant presència de parcs o verd.

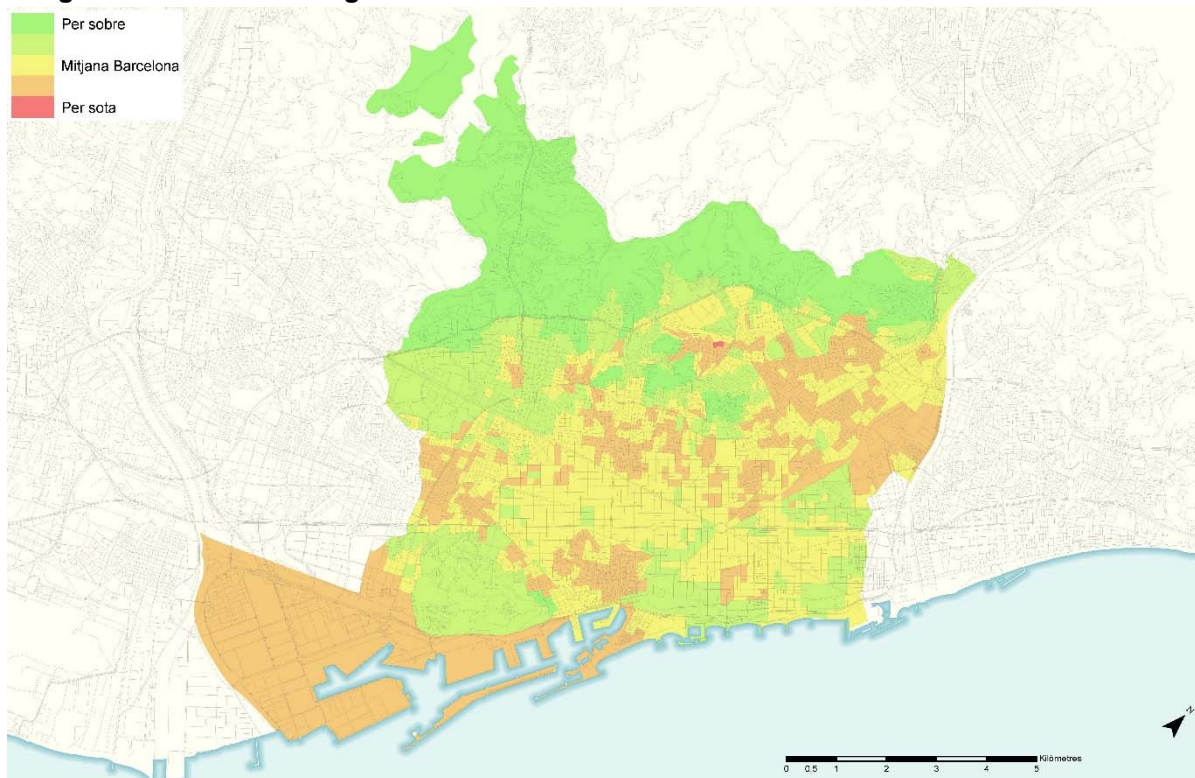
Per analitzar la presència o manca de vegetació a la ciutat, s'ha utilitzat l'índex NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Aquest índex avalua la quantitat, qualitat i desenvolupament de la vegetació present i la seva evolució en el temps, per interpretació de la intensitat de radiació de certes bandes del espectre electromagnètic que la vegetació dispersa. Aquesta informació s'obté a través d'imatge satèl·lit, a partir de les informacions obtingudes de les bandes d'infraroig proper i vermell.

Imatge 35: Presència de vegetació a Barcelona (NDVI)



Font: Barcelona Regional

A continuació es mostra el valor del NDVI resumit per secció censal i on s'indiquen les zones que tenen una presència de verd propera a la mitjana de la ciutat, per sota i per sobre.

Imatge 36: Presència de vegetació a Barcelona

Font: Barcelona Regional

Les zones de la ciutat properes a grans parcs urbans o metropolitans, com són Collserola, Montjuïc, els Tres Turons o el parc de Ciutadella tenen unes vulnerabilitats baixes. Mentre que les zones industrials (polígon de la Zona Franca) o barris on el seu teixit urbà no inclou gaire presència del verd, tenen un índex de vulnerabilitat alta: el districte de Nou barris, Sant Andreu, o algunes zones de Ciutat Vella, Sants o Horta- Guinardó.

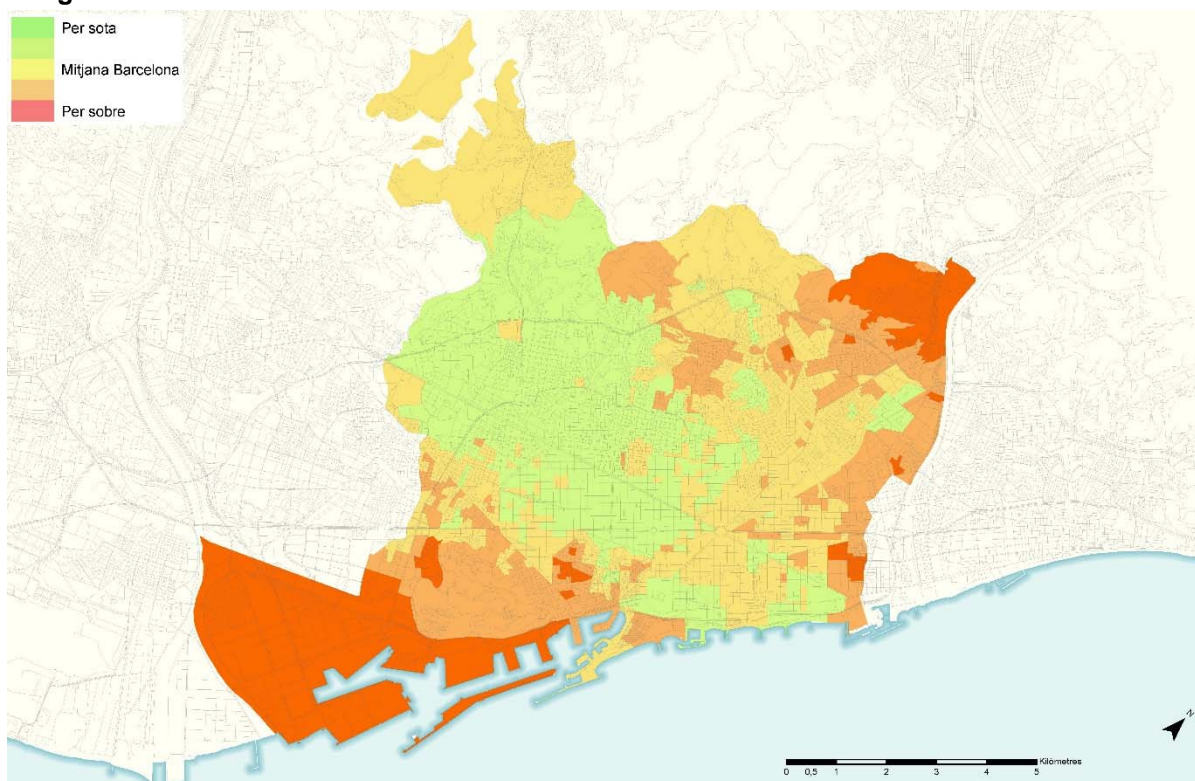
2.2.4. CARACTERÍSTIQUES SOCIOECONÒMIQUES: FORMACIÓ INSUFICIENT

Una de les aproximacions per estimar les característiques socioeconòmiques és utilitzar el paràmetre de formació insuficient. Aquest indicador ens indica el % de població de 16 i més anys que és analfabeta o sense estudi, respecte el total de la població de 16 i més anys.

Tal i com es pot veure al mapa següent, hi ha una part central de la ciutat amb una formació insuficient baixa (per tant amb nivells de formació elevats) i que per tant es valora que pot ser menys vulnerables a les onades de calor. Aquesta zona està formada dels districtes de Sarrià – Sant Gervasi, Les Corts i Eixample.

Hi ha una zona que es situa a la mitjana de Barcelona que agafa part dels districtes de Sant Andreu, Sant Martí i Horta-Guinardó, mentre que els districtes de Sants- Montjuïc, i la zona propera al sector Besòs, tenen uns nivells de formació insuficient per sobre de la mitjana de la ciutat. Aquests darrers, ens mostren una situació socioeconòmica que podria ser més vulnerables a les onades de calor.

Imatge 37: Formació insuficient a Barcelona



Font: Barcelona Regional

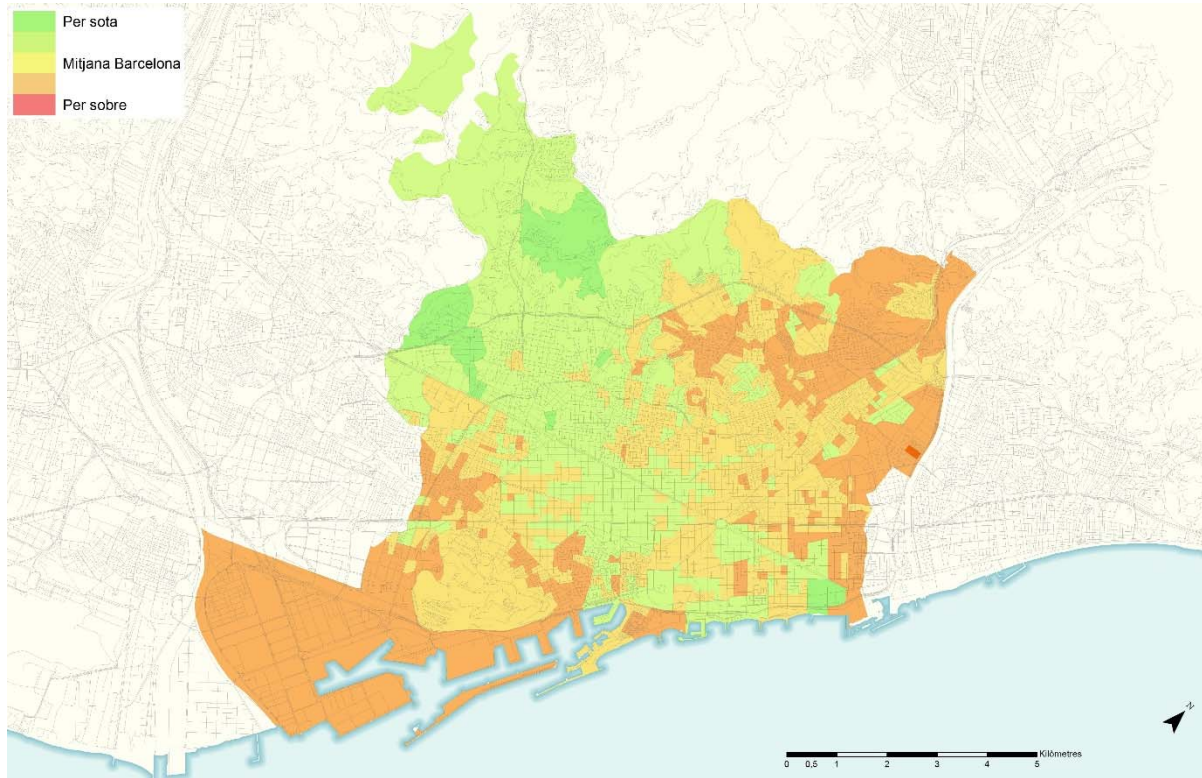
2.2.5. MAPA DE VULNERABILITAT GLOBAL A LES ONADES DE CALOR:

Una vegada identificats els paràmetres que és consideren més representatius (i amb dades disponibles) per analitzar el grau de vulnerabilitat de les diferents zones de Barcelona, s’han integrat en un únic mapa per fer una aproximació a la vulnerabilitat global de la ciutat a les onades de calor.

Per fer aquesta integració s’ha utilitat la tècnica de l’anàlisi de components principals (coneguda per les seves sigles PCA en anglès). Aquesta tècnica ajuda a entendre i a descobrir correlacions de les que després es poden inferir determinades relacions causals.

A partir d’aquesta tècnica s’ha arribat al mapa de vulnerabilitat global, on hi ha una part central formada pels districtes de Sarrià – Sant Gervasi, Eixample, Les Corts i part de Sant Martí menys vulnerable i unes zones més vulnerables on s’hi localitzen els barris més propers al sector Besòs i part d’Horta, i gran part del districte de Sants – Montjuïc.

Imatge 38: Mapa de vulnerabilitat global de Barcelona a les onades de calor



Font: Barcelona Regional

2.3. QUINES SÓN LES ZONES DE LA CIUTAT MÉS AFECTADES PER LES ONADES DE CALOR?

A partir de determinar quina és la vulnerabilitat de la ciutat, és important creuar aquesta informació, amb la de les zones que van patir més calor en les onades de calor. Això, per exemple, ens ajudarà a detectar els punts de la ciutat les més vulnerables i que a més van registrar unes elevades temperatures. Aquests llocs són els principals punts a on actuar.

En aquest apartat s'analitza la vulnerabilitat total de la ciutat amb l'onada de calor, i la vulnerabilitat parcial de cada 1 dels 4 paràmetres per així saber on cal centralitzar les mesures de cada tipus (increment de verd, protecció població sensible, eficiència energètica dels edificis o mesures socioeconòmiques).

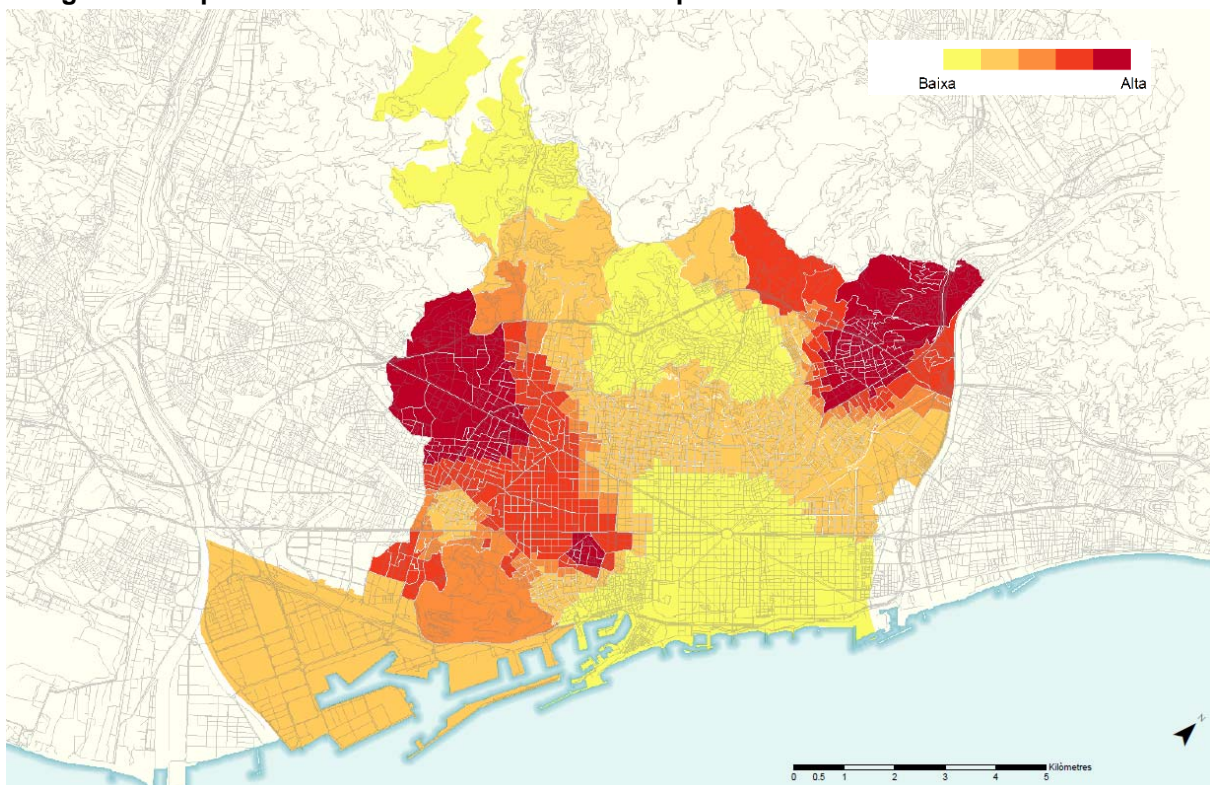
2.3.1. EFECTE GLOBAL A LA CALOR RESPECTE A L'ONADA DEL 2015

Una vegada analitzat els paràmetres de vulnerabilitat en el capítol anterior, ara es compara amb les zones que van ser més caloroses durant les onades de calor.

En el cas de les 2 onades de calor estudiades, la més calorosa va ser la del 2015. Per això s'ha escollit aquesta onada de calor per analitzar la vulnerabilitat respecte a la temperatura, i poder determinar, per exemple, les zones que tenen una alta vulnerabilitat i que a més són zones que van tenir elevades temperatures.

El primer pas es passar la temperatura de l'onada del 2015 a secció censal i diferenciar les zones en funció de les temperatures més altes i més baixes.

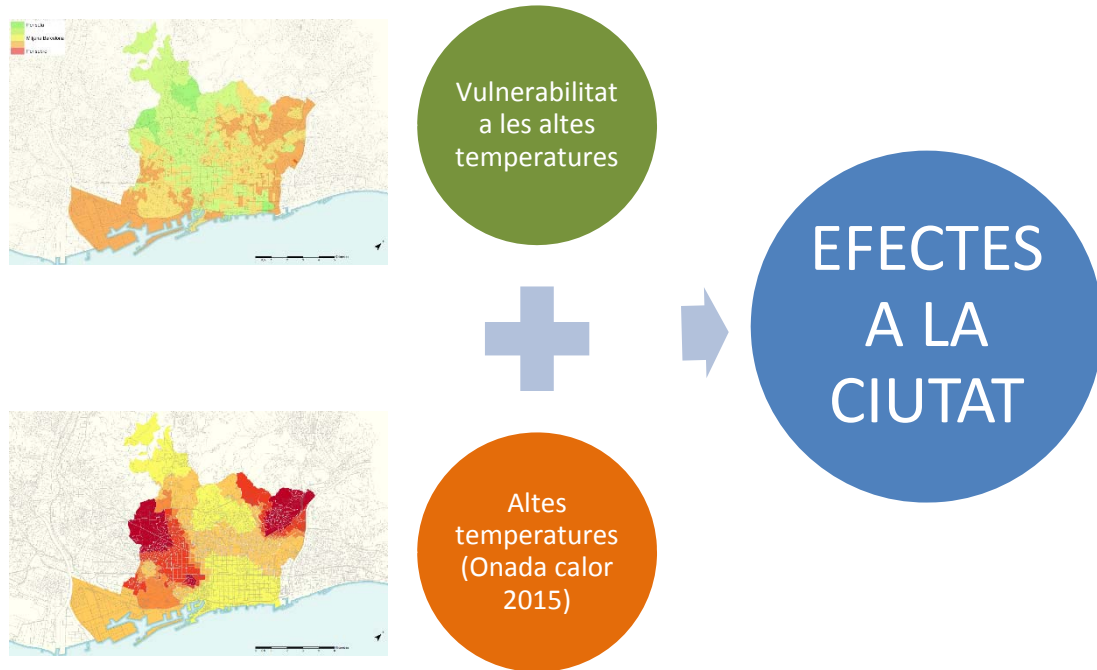
Imatge 39: Temperatura de l'onada de calor del 2015 per Secció Censal



Font: Barcelona Regional

En segon lloc, es creua la vulnerabilitat global de la ciutat, amb les temperatures de l'onada de calor del 2015.

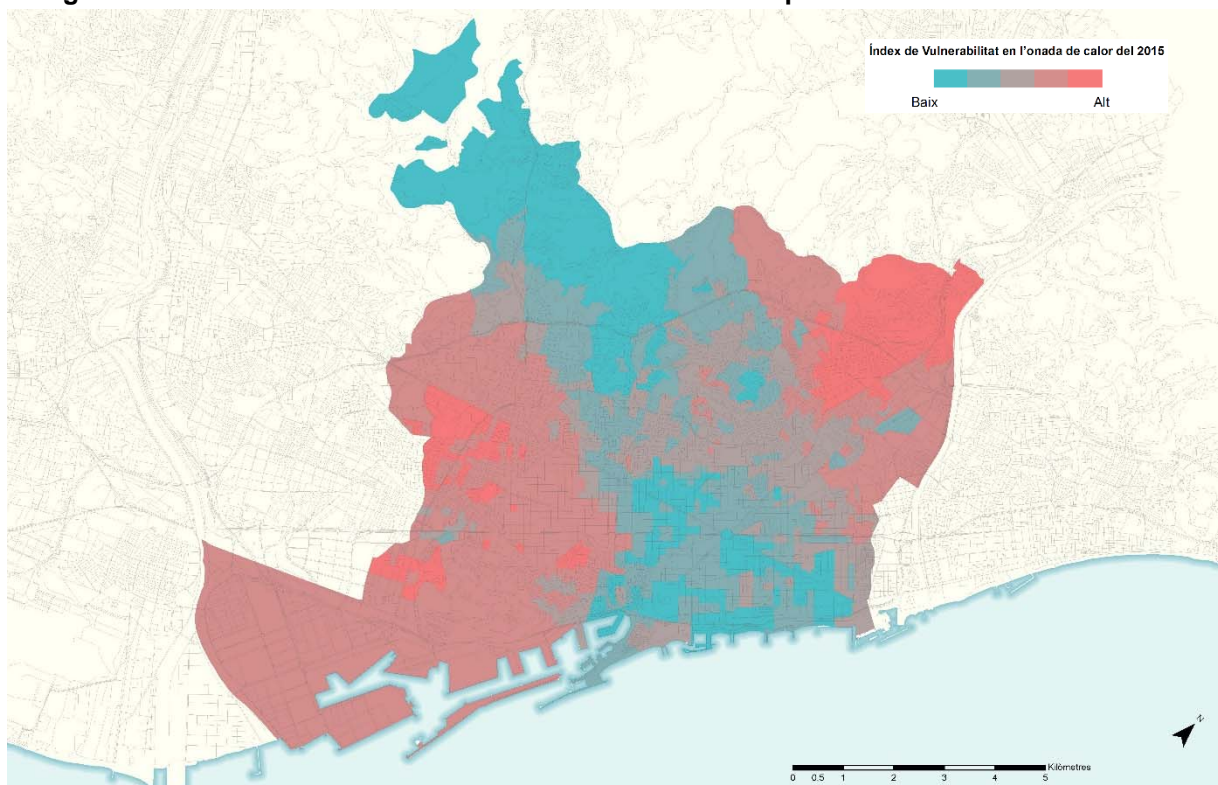
Imatge 40: Esquema conceptual per arribar a determinar els efectes de les altes temperatures poden tenir sobre la ciutat



Font: Barcelona Regional

Això ens permetrà veure les zones on és més prioritari actuar-hi, ja que els efectes sobre la població són major, degut al creuament de les variables de vulnerabilitat i temperatures reals durant l'onada de calor del 2015.

Imatge 41: Efectes de l'onada de calor del 2015 tenint en compte la vulnerabilitat total



Font: Barcelona Regional

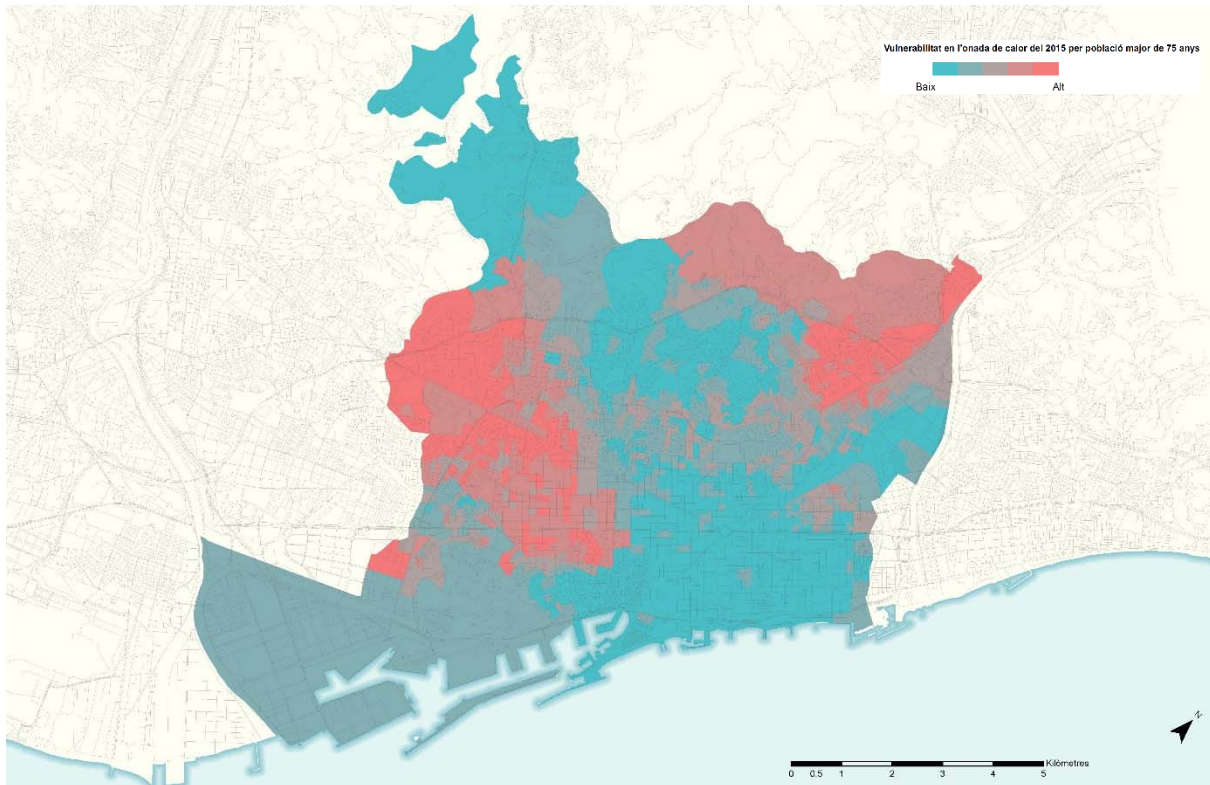
El resultat que mostra el mapa anterior, és que les zones de la ciutat on es van notar més els efectes de l'onada de calor del 2015 van ser al districte de Nou Barris i a algunes zones dels districtes de Sants – Montjuïc, les Corts i l'Eixample.

Per contra, les zones on els efectes van ser menors van ser les que conformen una franja central que inclou els districtes de Sarrià – Sant Gervasi, la zona dreta del districte de l'Eixample, i el districte de Sant Martí.

2.3.2. VULNERABILITAT DE CADA UN DELS PARÀMETRES A L'ONADA DEL 2015

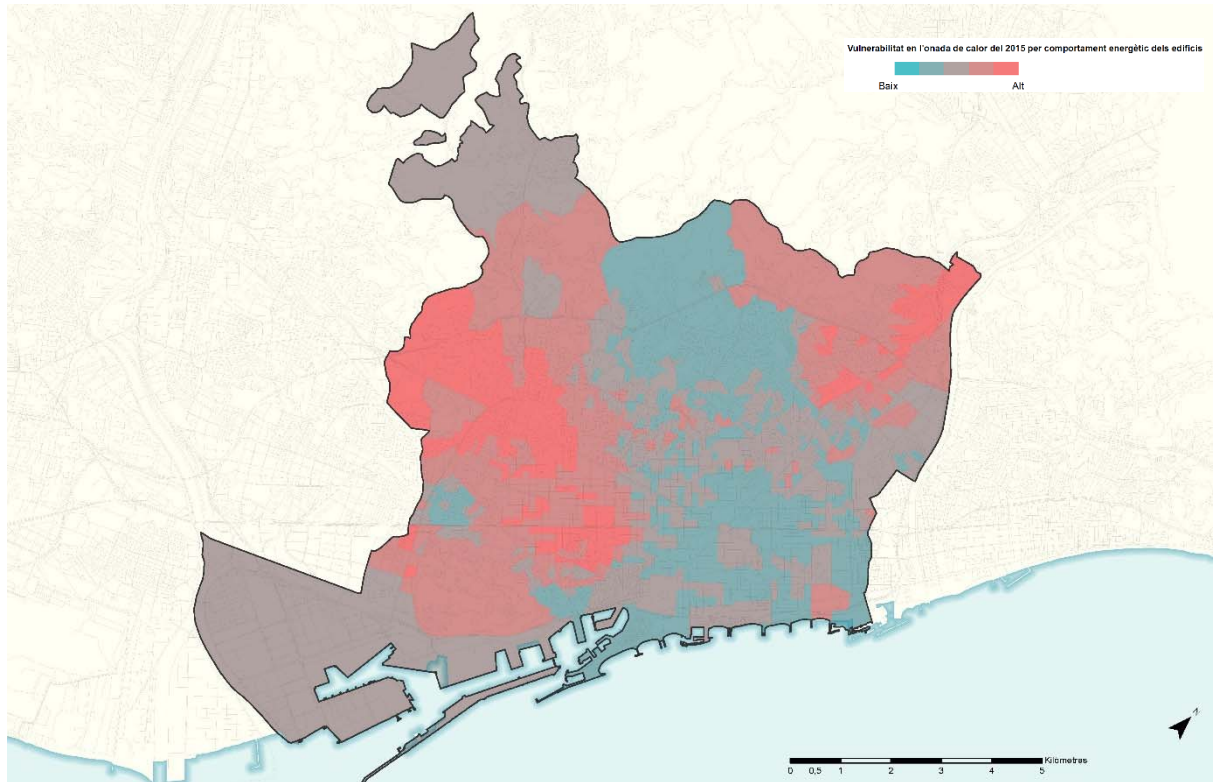
A continuació es fa el mateix anàlisi però per a cada un dels quatre paràmetres considerats. Tal i com es pot veure, cada paràmetre té zones diferents on els seus efectes són majors. Aquests mapes ajudaran a concretar les mesures de cada tipus en els diferents barris.

Imatge 42: Efectes de l'onada de calor del 2015 tenint en compte la població major de 75 anys



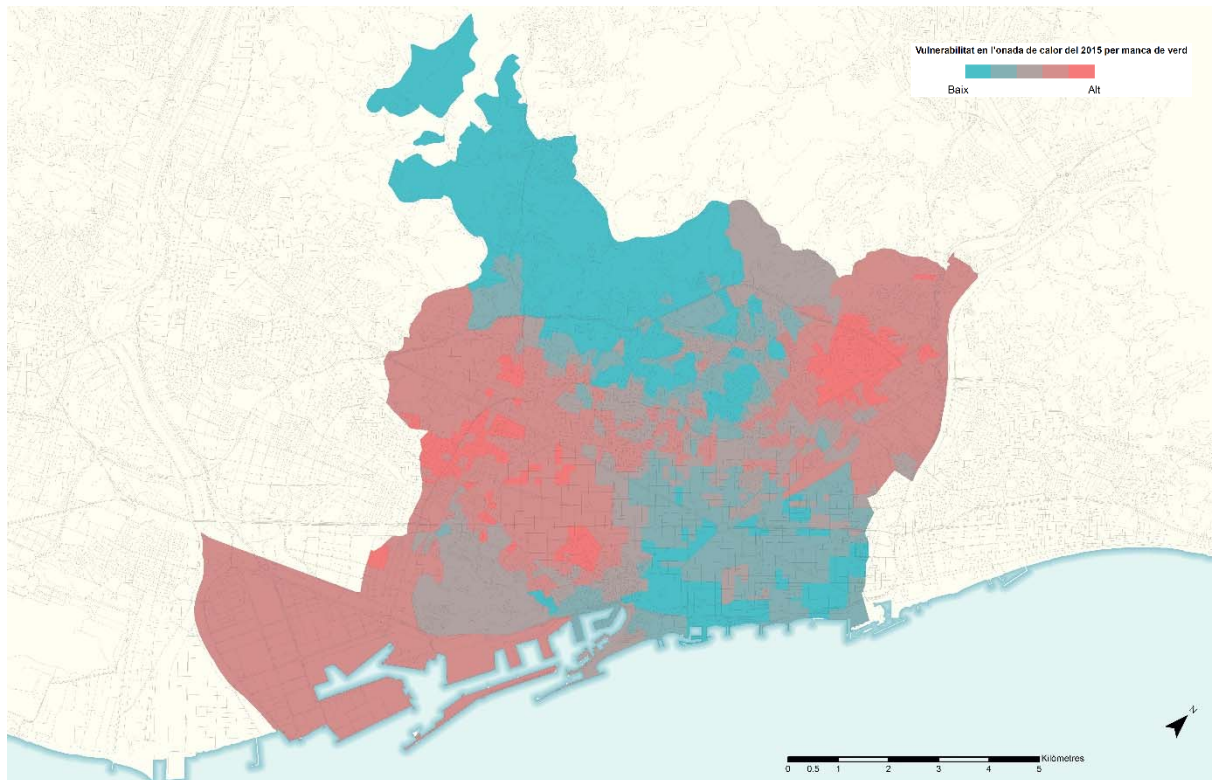
Font: Barcelona Regional

Imatge 43: Efectes de l'onada de calor del 2015 tenint en compte el comportament energètic dels edificis



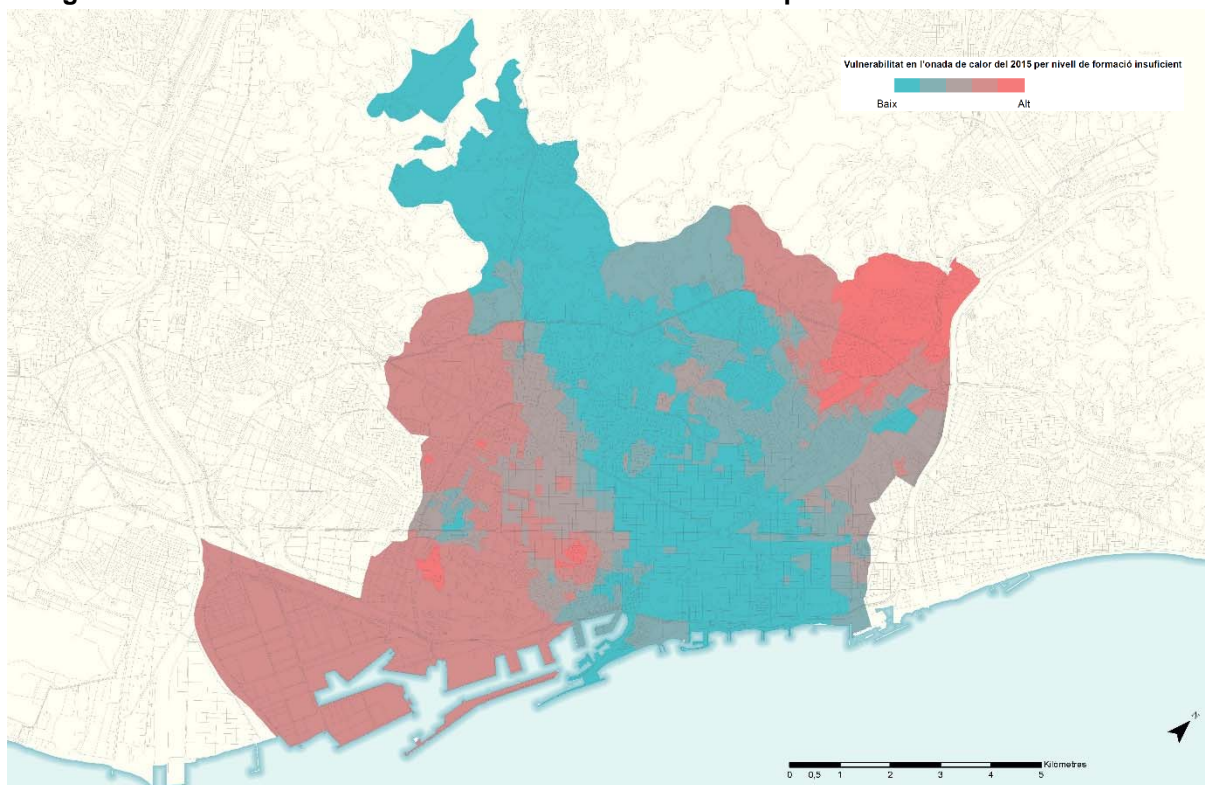
Font: Barcelona Regional

Imatge 44: Efectes de l'onada de calor del 2015 tenint en compte la presència o absència de verd



Font: Barcelona Regional

Imatge 45: Efectes de l'onada de calor del 2015 tenint en compte la formació insuficient



Font: Barcelona Regional

2.3.3. EQUIPAMENTS SENSIBLES:

Per altra banda també és important analitzar quins són els equipaments municipals que poden acollir població vulnerable a les onades de calor.

Ja sigui perquè són equipaments que acullen a població vulnerable, o hi viuen o estan hospitalitzats o bé per ser el primer punt de contacte per a les persones que no es troben bé en una onada de calor, s'han considerat els següents equipaments sensibles:

- Centres d'atenció primària (CAP)
- Centres d'Urgències d'Atenció Primària (CUAP)
- Centres d'atenció social
- Centres Integrals de salut
- Centres sociosanitaris
- Àrees bàsiques de salut
- Centres de Serveis Socials
- Centres d'acolliment
- Escoles (escoles bressol)
- Hospitals i clíniques
- Centres de dia
- Centres mèdics
- Hospitals de dia
- Residències assistencials
- Habitatges tutelats
- Llars assistencials i similars

Per a la tria d'aquests equipaments s'han tingut en compte el que estan classificats com a TISU. Aquesta classificació és pròpia de l'Ajuntament i inclou "aquells equipament que davant d'una situació d'emergència a la ciutat, de calamitat pública, risc col·lectiu, catàstrofe extraordinària,... requereixen d'una atenció específica i immediata per garantir la cobertura de necessitats bàsiques de les persones que resten en ells".

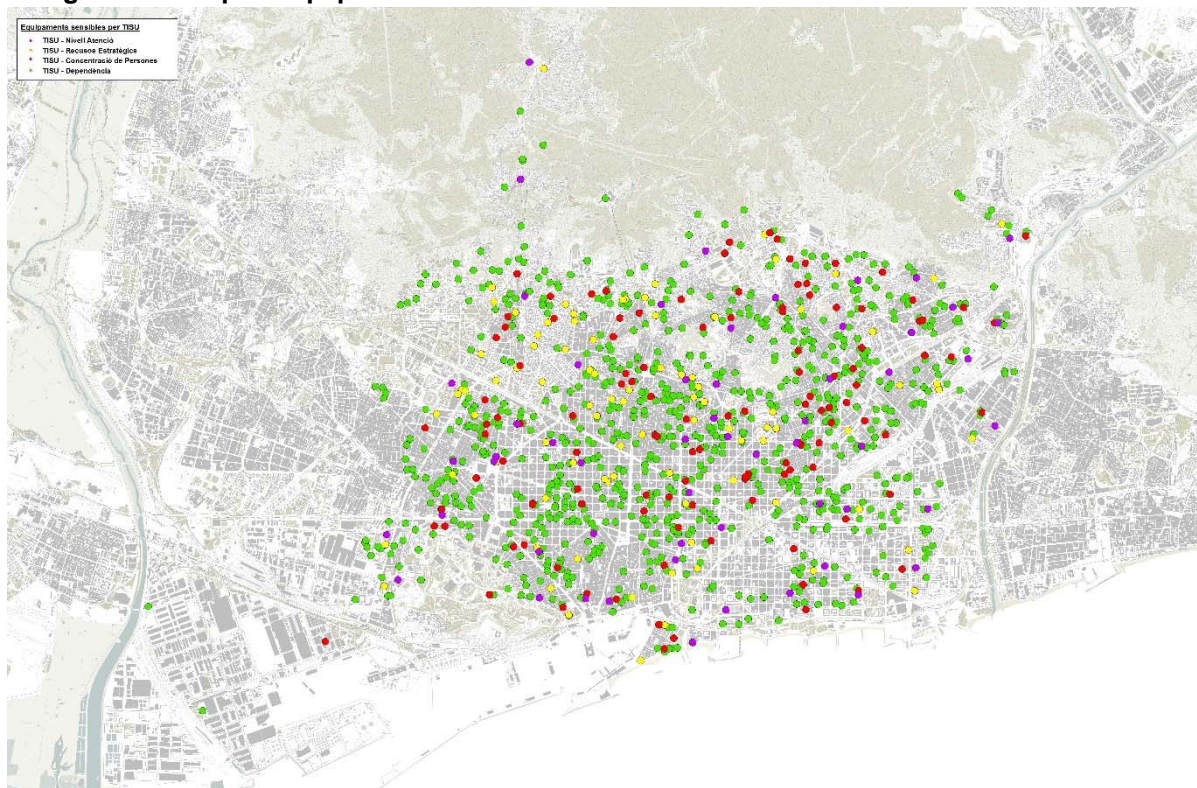
Els equipaments TISU tenen 4 categories: Dependència, Concentració de persones, Nivell d'Atenció i Recursos Estratègics.

En el cas de les escoles no s'ha tingut en compte la informació TISU, ja que no es diferencien les escoles per edats. Al ser els nens més petits els més vulnerables a les onades de calor, en aquest cas s'ha utilitzat la informació d'equipaments de l'Ajuntament de l'Open Data, on s'hi diferencien les edats. Les escoles incloses en aquest apartat són les escoles bressol, que van des dels 0 als 2 anys, la població escolar més vulnerable.

A Barcelona hi ha un total de 977 equipaments sensibles, que es distribueixen per tota la ciutat, excepte algunes zones més allunyades del centre com són el polígon industrial de la Zona Franca i algunes parts dels districtes de Sant Martí, les Corts o Sant Andreu.

En cas de futures onades de calor es perllonguin en el temps o siguin molt intenses, l'Ajuntament haurà de tenir en compte l'emplaçament i les característiques d'aquests equipaments sensibles per a poder-hi actuar.

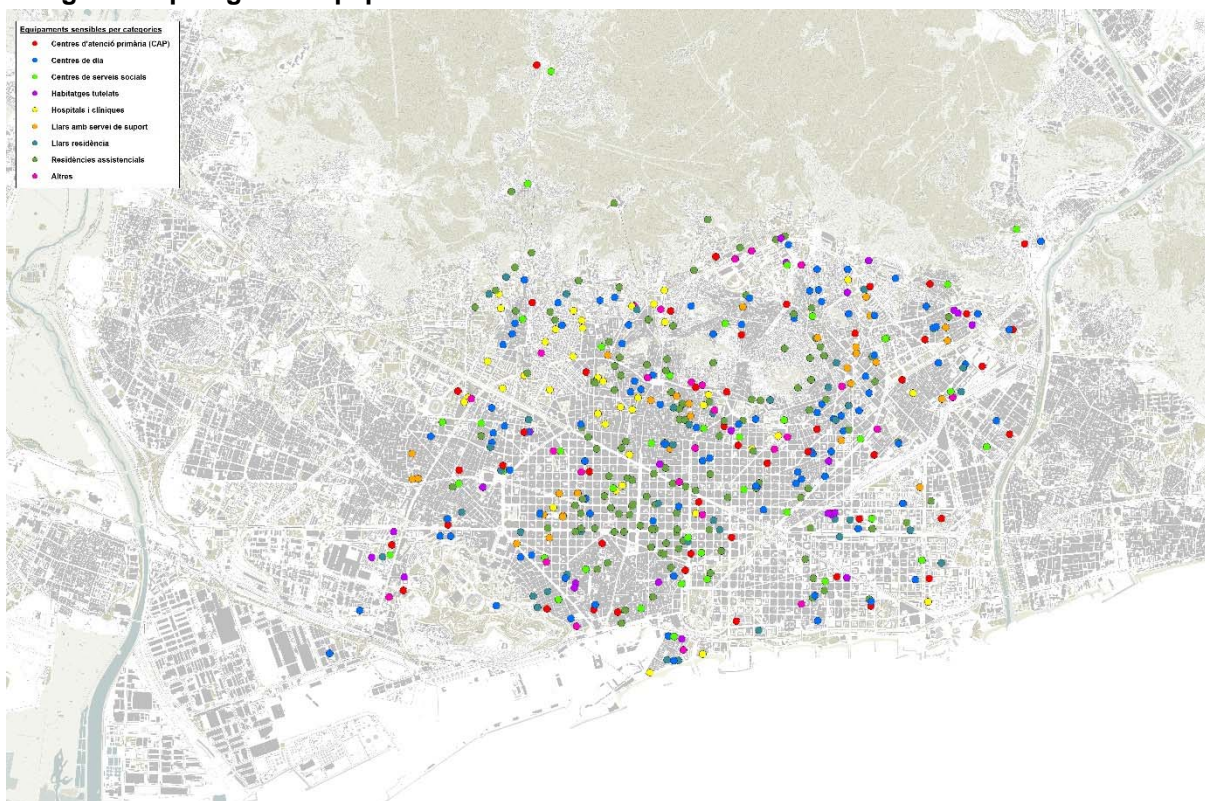
Imatge 46: Principals equipaments sensibles de Barcelona



Font: Barcelona Regional

Els equipaments sensibles més nombrós a la ciutat són les residències assistencials, centres de dia, hospitals i clíniques.

Imatge 47: Tipologies d'equipaments sensibles de Barcelona



Font: Barcelona Regional

2.3.4. EQUIPAMENTS REFUGI

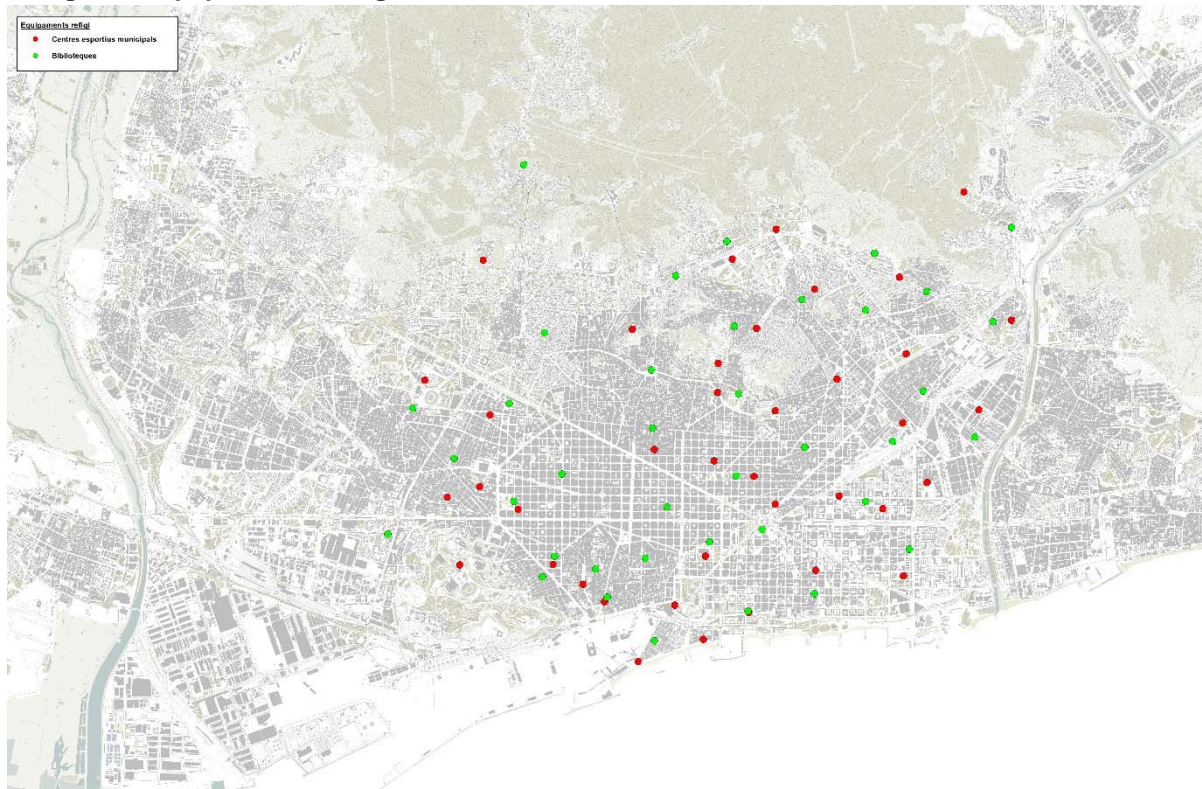
Per altra banda, també és important saber a quins llocs pot anar la població més vulnerable en el moment d'una onada de calor per protegir-se dels seus efectes. S'ha escollit els equipaments públics de gran capacitat i que poden tenir unes millors condicions de confort climàtic, ja sigui perquè disposen d'aire condicionat o altres elements refrescants.

Els equipaments refugi considerats són els següents:

- Biblioteques públiques
- Complexos esportius

Val a dir que part dels complexos esportius no disposen d'aire condicionat, i per tant no serien els llocs més adequats per acollir a població en moments d'altres temperatures. Però no s'ha disposat de la informació sobre la climatització d'aquests espais per fer aquest anàlisi, així que s'ha inclòs tots. En fases posterior (veure apartat de propostes) serà necessari afinar més aquest anàlisi per saber quins són els equipaments refugi més adequats.

En total a Barcelona hi ha 77 equipaments refugis, que es distribueixen de forma relativament homogènia per tota la ciutat, exceptuant algunes zones de l'àmbit de la Zona Franca de Sarrià – Sant Gervasi i de l'Eixample.

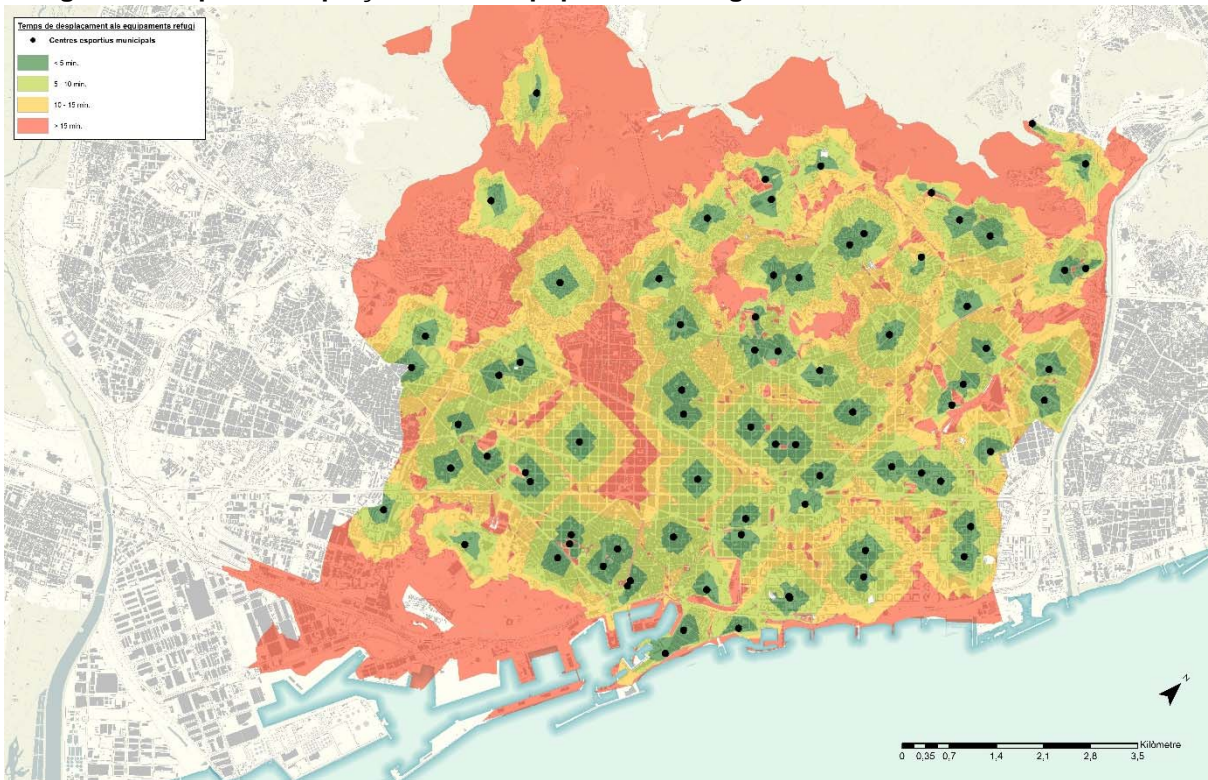
Imatge 48: Equipaments refugi

Font: Barcelona Regional

D'aquests equipaments refugi s'ha analitzat la proximitat a la població, tenint en compte el temps de desplaçament caminant entre els habitatges i l'equipament refugi.

Tal i com es pot veure a la següent imatge, la major part de la ciutat té suficients equipaments refugis com per garantir que en menys de 10 minuts caminant, gran part de la població pugui arribar a un equipament refugi. Només les parts més limítrofes, com són els polígon industrial de la Zona Franca o bé algunes zones puntuals de Vallvidrera, el Tibidabo i les Planes tenen un temps força superior de desplaçament. Altres zones on els temps de desplaçaments són superiors als 15 minuts són l'antiga Esquerra de l'Eixample o el barri de Sant Gervasi – Galvany o algunes zones de Gràcia i Horta-Guinardó.

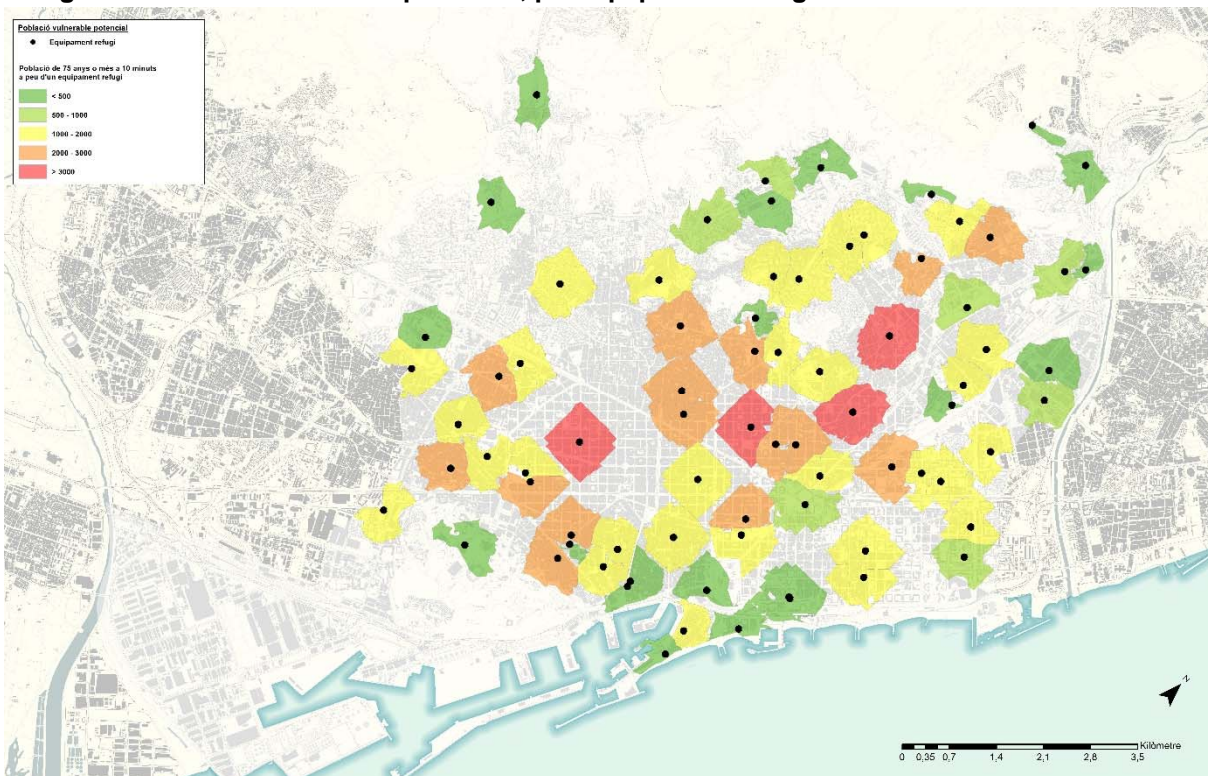
Imatge 49: Temps de desplaçament als equipaments refugi



Font: Barcelona Regional

Per altra banda també s’ha analitzat el grau de “saturació potencial” d’aquests equipaments refugis tenint en compte que en l’àrea establerta per cada equipament refugi de 10 minuts de desplaçament caminant, la quantitat de població potencial vulnerable de més de 75 anys.

Imatge 50: Població vulnerable potencial, per equipament refugi



Font: Barcelona Regional

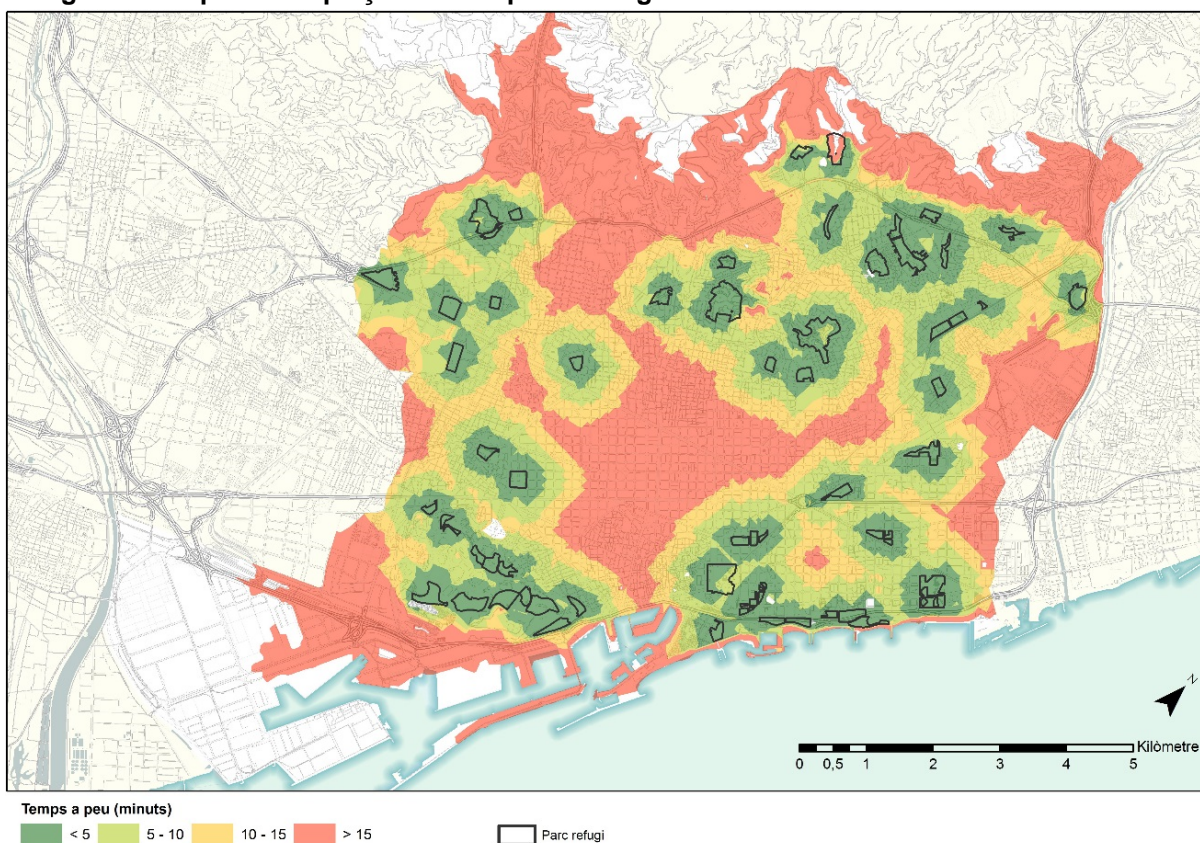
Tal i com es veu a l'anterior imatge, les àrees marcades en vermell i carbassa tenen una població potencial vulnerable força elevada (de més de 2.500 persones majors de 75 anys). Aquestes zones es situen sobretot a les parts més central dels districtes de l'Eixample, i la zona limítrof entre Horta – Guinardó i Nou Barris.

2.3.5. PARCS REFUGI:

Però la ciutat de Barcelona també té altres elements que poden actuar com a zona d'acollida a la població en els moments més calorosos: els parcs urbans.

S'han escollit els parcs que tenen una presència de verd destacat i que tenen una superfície relativament gran (més d'1 ha).

Imatge 51: Temps de desplaçament als parcs refugi



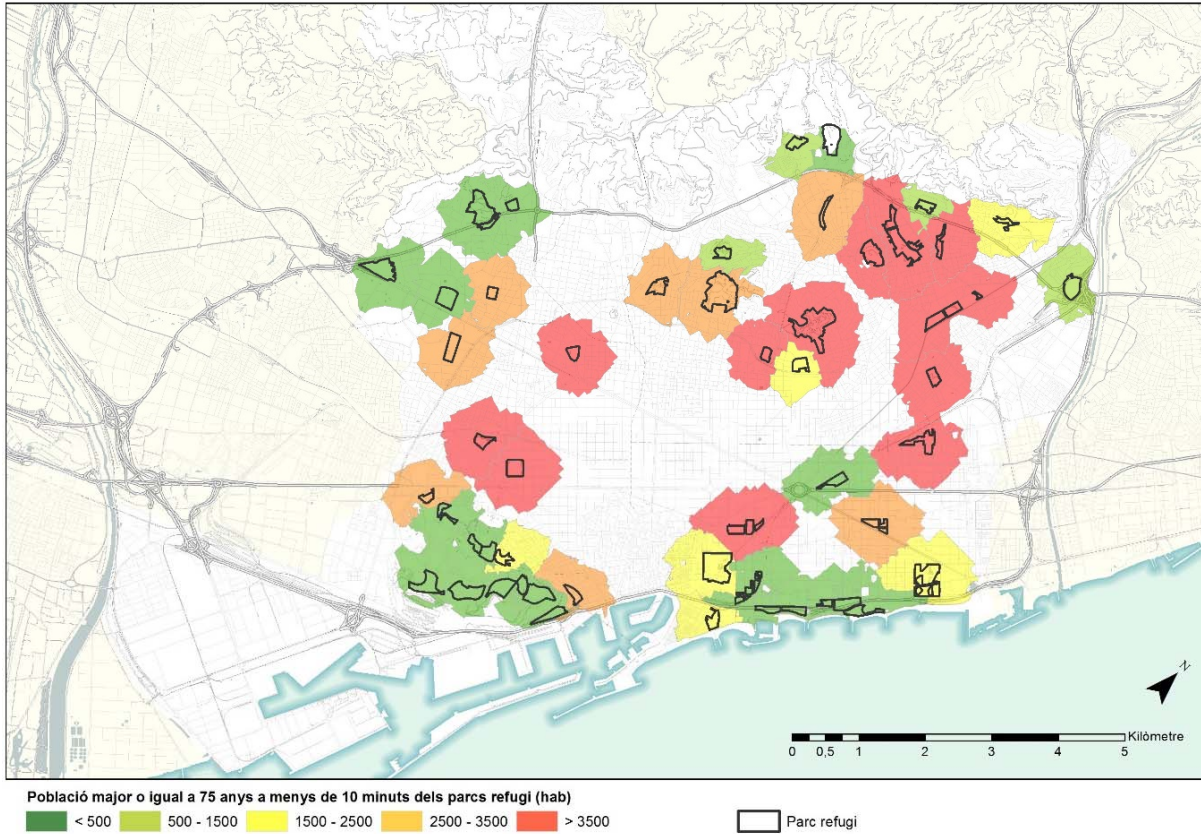
Font: Barcelona Regional

Aquests “parcs refugis” es localitzen més o menys per tota la ciutat excepte a la zona central de la ciutat formada per Eixample i Ciutat Vella, el barri de Sant Gervasi – La Bonanova, l'àmbit industrial de la Zona Franca i Bon Pastor, i gran part dels barris de muntanya.

També s'ha analitzat la població vulnerable (de més de 75 anys) que viu a menys de 10 minuts d'aquests “parcs refugis”. Tal i com es pot veure a la següent imatge els parcs més saturats es situen a les zones properes als barris dels districtes de l'Eixample, Sant Andreu i Nou Barris.

En canvi els parcs situats més a la perifèria no estarien saturats per acollir la població vulnerable del voltant, com és el cas dels parcs situats a Montjuïc, la zona litoral de Sant Martí, o als barris de Pedralbes i Sarrià.

Imatge 52: Població potencialment vulnerable per parc refugi



Font: Barcelona Regional

2.3.6. EQUIPAMENTS I PARCS REFUGI:

Finalment, si s'analitza conjuntament l'efecte que poden tenir els equipaments refugi i els parcs refugi, es pot veure que gran part de la ciutat queda coberta per un o altre tipus d'espai d'acollida.

S'ha de dir que ambdues tipologies tenen característiques molt diferenciades que poden acollir gent en moments diferents i també poden proporcionar serveis diferents a la població. Els parcs com a espais per fer més agradable la xafogor i fins i tot de descans i/o lleure, mentre que els equipaments per a moment d'intensa calor. A més els equipaments poden proporcionar més mesures addicionals, com aire condicionat, subministrar aigua fresca i en moment molt crítics cadires còmodes o gandules per descansar.

Tampoc cal oblidar les dificultats associades a l'horari d'obertura tant els equipaments com de molts parc, ja que en horari nocturn estan tancats al públic. Aquest fet s'hauria de replantejar durant les onades de calor, permeten el seu ús en un horari més ampli (veure apartat de propostes).

Analizant el temps de desplaçament, considerant un màxim de 10 minuts a peu, la ciutat està bastant coberta exceptuant l'eix marcat pels carrers Aribau - Balmes, que va de muntanya fins a Gran Via, i l'àmbit de la Zona Franca.

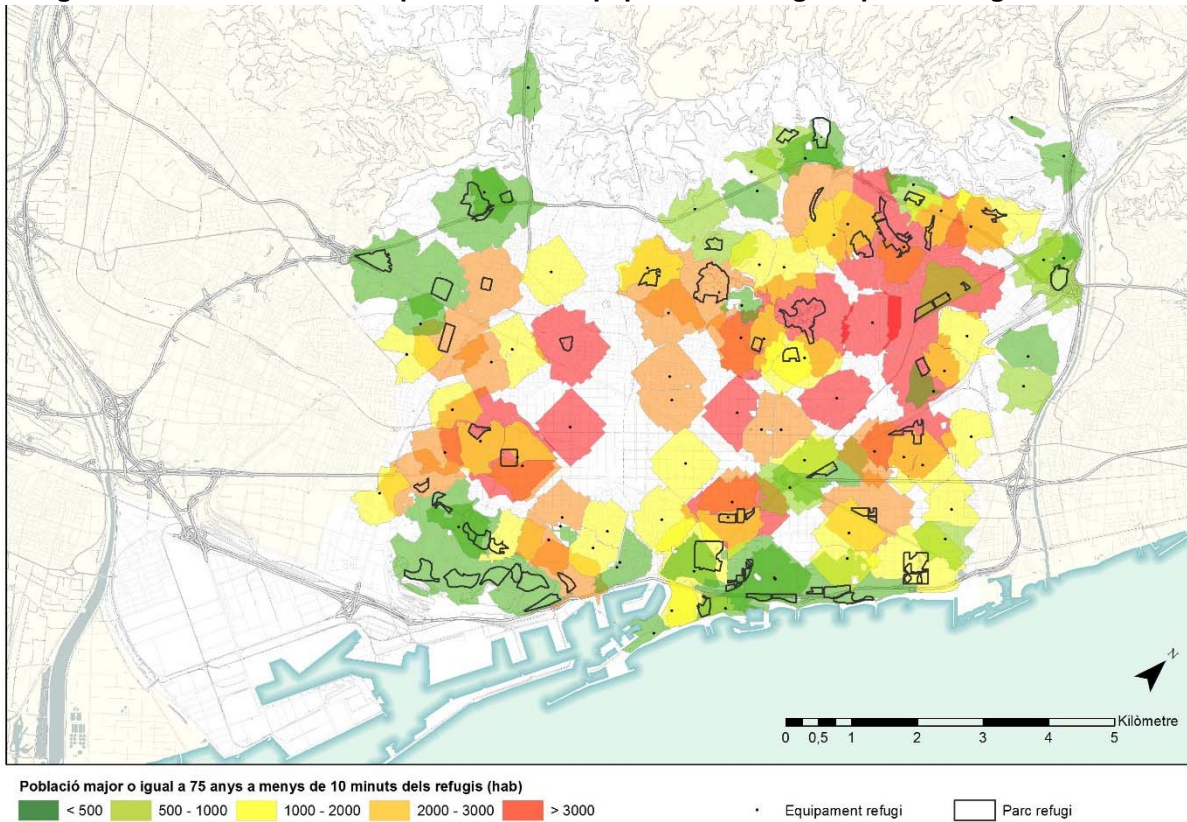
Imatge 53: Temps de desplaçament als equipaments refugis + parcs refugis



Font: Barcelona Regional

I a continuació es mostra la població vulnerable major o igual a 75 anys que està a menys de 10 minuts dels equipaments refugis i parcs refugis.

Imatge 54: Població vulnerable potencial als equipaments refugis + parcs refugis



Font: Barcelona Regional

Tal i com mostra la imatge anterior, cap a l'àmbit dels districtes de Nou Barris, Horta-Guinardó, part de l'Eixample i part de Sants – Montjuïc tenen equipaments amb una elevada quantitat de gent per acollir.

En canvi les zones més perifèriques dels barris tenen uns nivells de potencial població a acollir menors, que a més coincideixen més amb parcs refugis.

2.4. POSSIBLE EFECTE DEL CANVI CLIMÀTIC EN LES ONADES DE CALOR

Per a poder desenvolupar aquest capítol, s'ha comptat amb la col·laboració del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), el qual ha caracteritzat els paràmetres actuals de les temperatures extremes, ha fet les projeccions futures de les variables de calor pels diferents escenaris, ha caracteritzat la situació sinòptica de les diferents onades de calor i ha mostrat alguns exemple d'onades de calor futures.

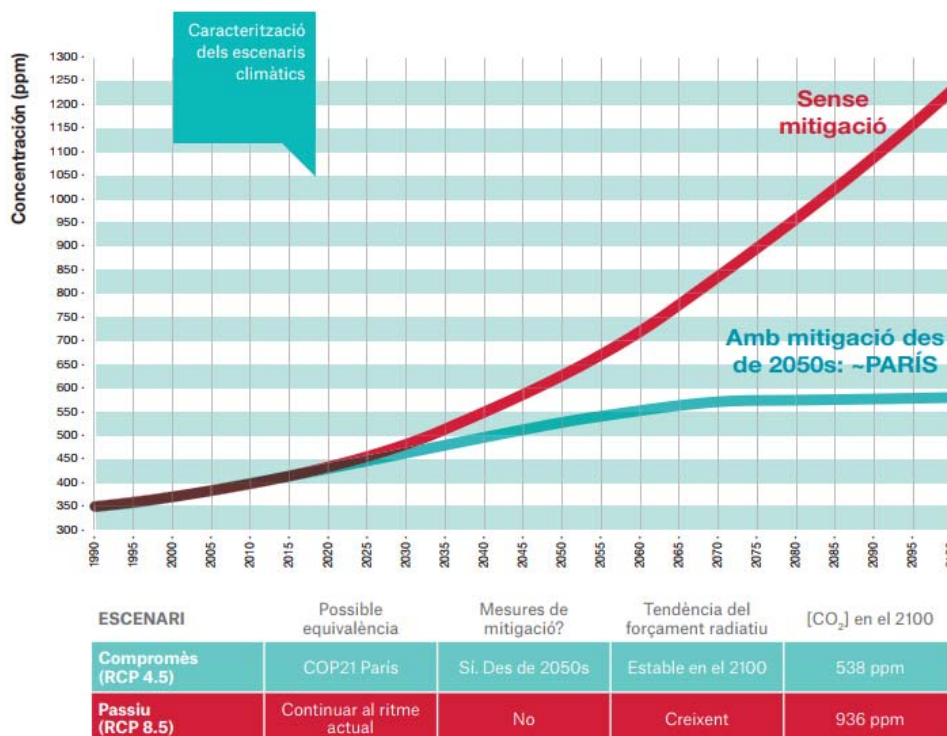
L'SMC per a poder fer aquest anàlisi ha utilitzat un mètode de regionalització estadístic aplicat a una malla d'observacions a 1 km de resolució. Les projeccions futures de temperatura s'han realitzat fins al 2100, a través de la mediana de 3 models climàtics de circulació global (CGM):

- **MPI-ESM:** Max Planck Institute for Meteorology (model alemany)
- **GFDL-ESM2G:** Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (model americà)
- **CanESM2:** Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (model canadenc)

I els escenaris climàtics analitzats són l'**escenari compromès** i l'**escenari passiu**. Tal i com es detalla al *Capítol- Introducció al canvi climàtic* les característiques d'aquests escenaris són:

- L'**escenari compromès** (o també RCP4.5) representa assolir els objectius de reducció d'emissions de l'Acord de París de 2015. En aquest escenari, la concentració de GEH (Gasos amb Efecte d'Hivernacle) arribaria a ser superior a l'actual a final de segle, però l'increment s'atenuaria a partir del 2030 a fi de limitar l'augment màxim de la temperatura global del planeta a 1,5-2°C.
- L'**escenari passiu** (o també RCP8.5), en canvi, representa la situació en què no s'assolirien els objectius marcats a París, de manera que les concentracions de GEH a finals de segle serien molt superiors a les actuals. L'augment de temperatura global superaria àmpliament els 2°C.

Imatge 55: Principals escenaris climàtics analitzats en aquest treball



Font: Ajuntament de Barcelona

Per a l'anàlisi de la situació actual, l'SMC ha agafat el període 1971-2000 i ha considerat 2 paràmetres, que ens aporta informació complementària:

- el valor observat, extret de la base de dades que té el Servei Meteorològic de Catalunya a l'àmbit de Barcelona.
- el valor de control, extret de fer córrer els models de circulació global en el passat. El valor representat és la mediana entre els 3 models (model alemany, americà i canadenc).

No sempre el valor observat i el valor de control donen el mateix resultat, i fins i tot en alguns casos els valors poden diferir una mica. A més, cal tenir en compte que en el cas de les onades de calor estem tractant amb les dades extremes de temperatura, fet que pot accentuar la divergència entre el valor observat i el valor de control sorgit dels models climàtics.

Però és important analitzar ambdues informacions, ja que són rellevants i complementàries. El valor observat és la dada real que hem tingut a la ciutat en els darrers anys, mentre que el valor de control és el valor a partir del qual es pot comparar els valors futurs, ja que ambdós surten dels models de circulació global i metodològicament són comparables.

2.4.1. SITUACIÓ ACTUAL I FUTURA DE LES ONADES DE CALOR

Tal i com s'ha comentat a l'inici del capítol, la definició d'onada de calor per a l'Ajuntament de Barcelona és quan la temperatura màxima supera els 33,1 °C durant, com a mínim, tres dies consecutius.

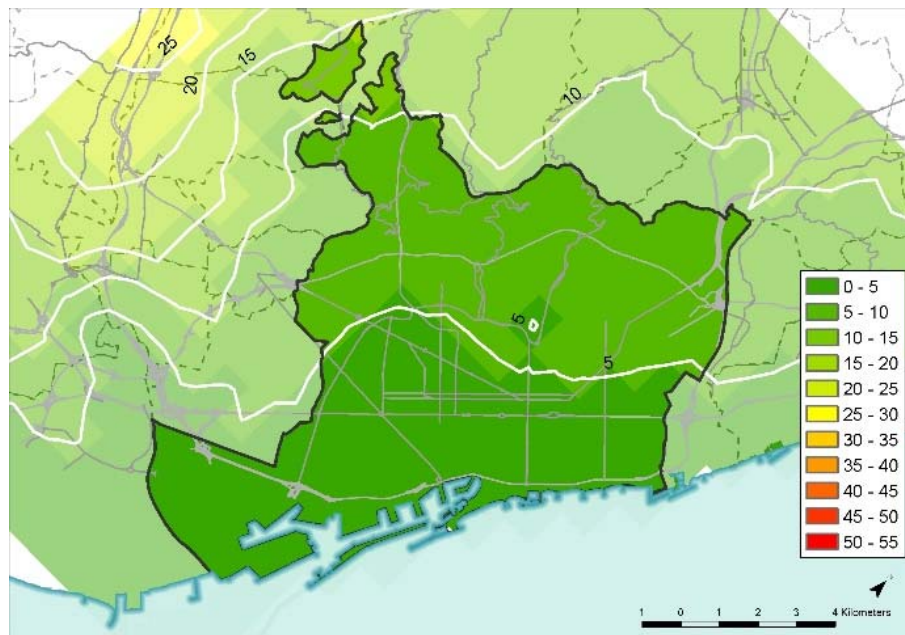
Pel que fa al **nombre de dies amb temperatures màximes superiors als 33,1°C** en el període 1971-2000, els models climàtics donen un valor de control de 6,8 dies a l'any. En canvi, analitzant els valors observats a les estacions de Barcelona aquest nombre de dies es situa a una mitjana de 2,6 dies a l'any.

Malgrat l'observat és lleugerament inferior al valor de control, les tendències futures que mostren els models indiquen clarament un augment d'aquest indicador, que s'accentua sobretot a la segona meitat del segle XXI.

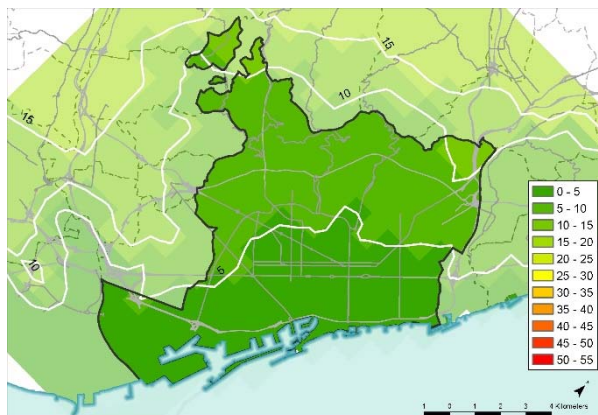
Analitzant la distribució territorial actual, a partir de les simulacions climàtiques, la zona litoral, degut al efecte termoregulador del mar, té una menor incidència de les temperatures màximes, que es situen entre els 0,5 i 1 dia a l'any. Les zones amb una major incidència de les altres temperatures es situen a les zones més allunyades del mar, sobretot als districtes de Sarrià – Sant Gervasi, Horta – Guinardó i Nou Barris, que poden arribar als 14 dies a l'any.

Segons les projeccions, a finals de segle podem arribar a tenir increments màxims d'uns 15 dies més als actuals, sota l'escenari compromès (o també RCP4.5) i d'uns 40 dies sota l'escenari passiu (o també RCP8.5). En ambdós casos els barris més afectats són Vallvidrera, el Tibidabo i les Planes. Altres zones afectades, però en menor mesura són Ciutat Meridiana, Torre Baró i Vallbona, que sota l'escenari compromès (RCP4.5) tenen un increment de 13 dies, i sota l'escenari passiu (RCP8.5) un increment de 35 dies.

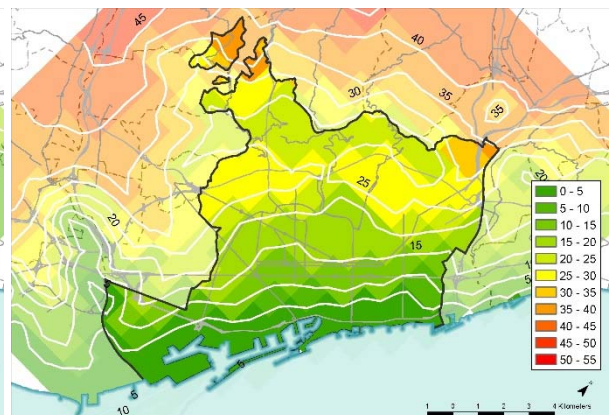
Imatge 56: Nombre de dies anuals amb temperatura màxima > 33,1°C, en la situació actual (dalt) i la variació de dies pels escenaris compromès (sota a l'esquerra) i passiu (sota a la dreta).



Número anual de dies amb temperatures màximes superiors a 33,1°C a Barcelona per al període 1971 - 2000



Variació projectada del número anual de dies amb temperatures màximes superiors a 33,1°C respecte al període de referència 1971 - 2000 a Barcelona per al període 2071 - 2100 en l'escenari RCP 4.5

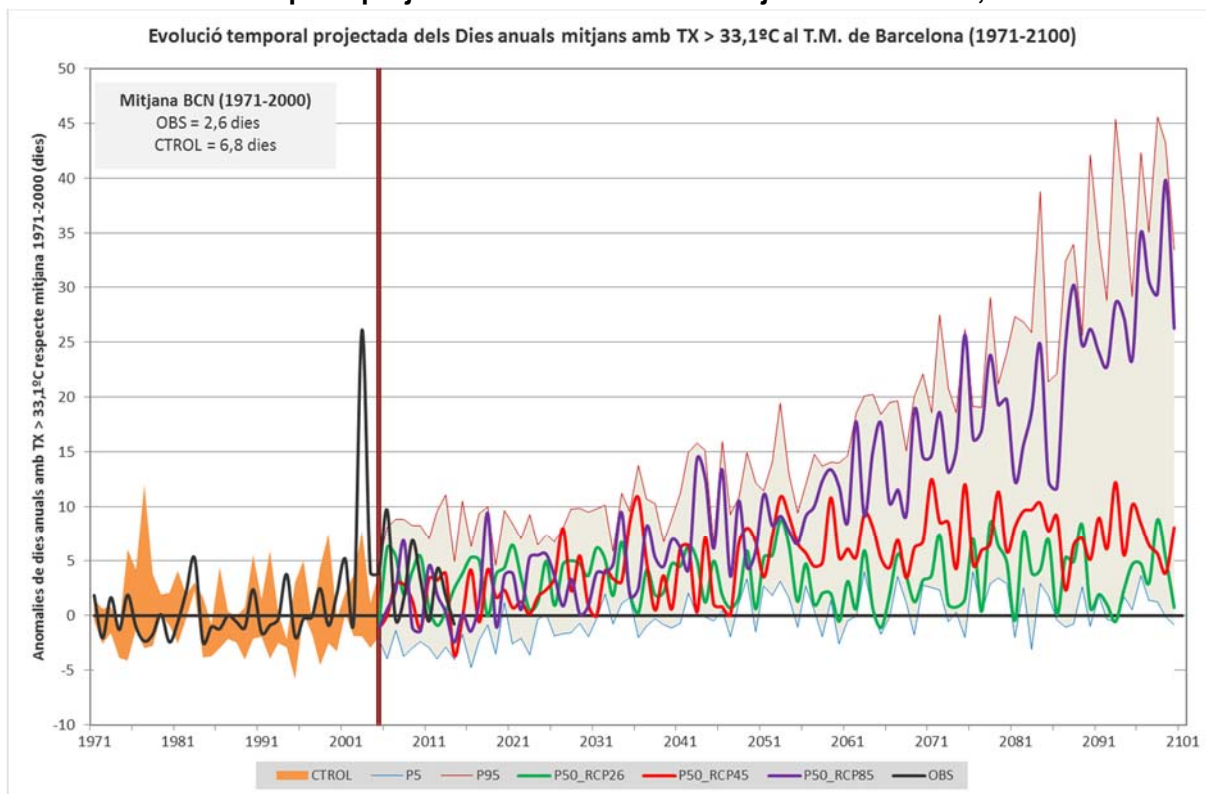


Variació projectada del número anual de dies amb temperatures màximes superiors a 33,1°C respecte al període de referència 1971 - 2000 a Barcelona per al període 2071 - 2100 en l'escenari RCP 8.5

Font: representació feta per Barcelona Regional a partir de les dades del Servei Meteorològic de Catalunya

Analitzant l'evolució temporal dels dies anuals mitjans amb temperatura màxima superior als 33,1°C, es veu en ambdós escenaris un augment moderat a la primera meitat de segle, augmentant de forma molt més destacada en la segona meitat de segle, sobretot sota l'escenari passiu (RCP8.5).

Gràfic 1: Evolució temporal projectada dels Dies anuals mitjans amb TX > 33,1°C a Barcelona



Font: Servei Meteorològic de Catalunya

Però per a tenir una radiografia més detallada de les onades de calor futures, és necessari analitzar les ratxes, ja que en la pròpia definició d'onada de calor també hi va intrínsec la duració d'aquestes altes temperatures.

Aquest anàlisi s'ha realitzat tant per l'evolució del nombre de ratxes de 3 dies o més amb TX > 33,1°C, com per l'evolució temporal de la ratxa màxima anual, mesurada per dies.

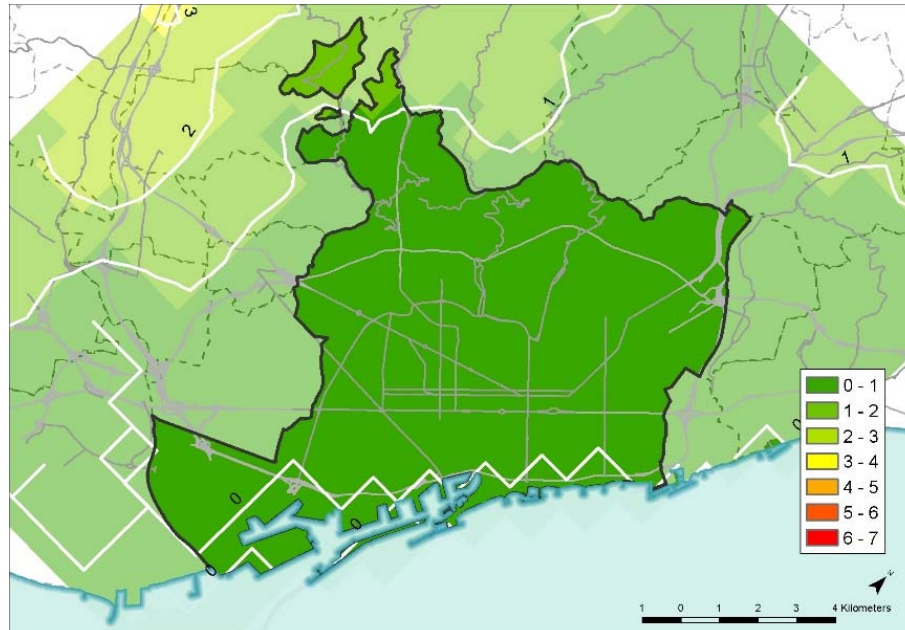
Pel que fa al **nombre mitjà anual de ratxes** (3 dies o més) amb temperatures superiors als TX > 33,1°C, en el període 1971-2000, segons les dades observades a les estacions meteorològiques, Barcelona ha tingut una mitjana de 0,26 ratxes, el que significa que la ciutat ha patit una onada de calor cada 4 anys.

Segons els models analitzats pel SMC, la mitjana ens surt una mica més elevada amb una valor de 0,49 ratxes a l'any. Malgrat amb els models hi ha una lleugera sobreestimació, la tendència és tant a l'alça que en el futur es preveu una incidència força rellevant sobre la població i a la ciutat de Barcelona.

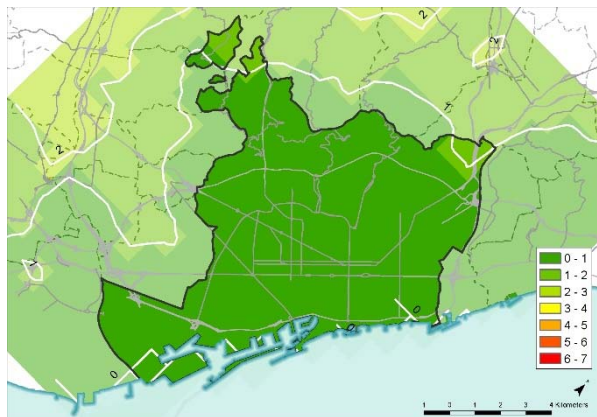
La distribució territorial que ens assenyalen els models climàtics ens mostra que actualment la zona del litoral és la que té una menor incidència, mentre que els barris propers a la zona de Collserola i en el sector Besòs són les que tenen un nombre mitjà més elevat de ratxes.

Igual com en el cas anterior l'evolució temporal de les ratxes ens mostra que a la segona meitat de segle és on augment de forma destacada, sobretot sota l'escenari passiu (RCP8.5).

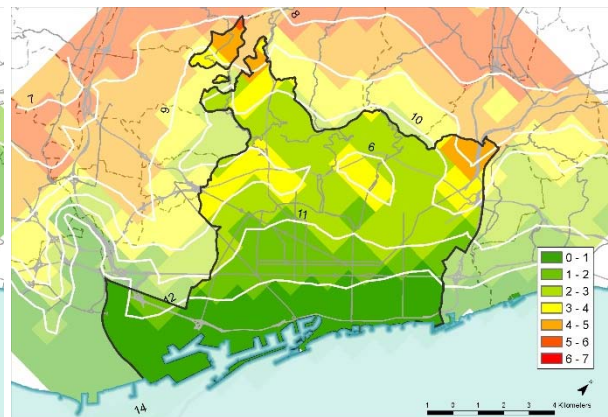
Imatge 57: Nombre mitjà de ratxes (3 dies o més) amb T⁰ màxima > 33,1°C, en la situació actual (dalt) i amb els escenaris futurs compromès (sota a l'esquerra) i passiu (sota a la dreta).



Número mitjà de ratxes en dies amb temperatures màximes superiors a 33,1°C a Barcelona per al període 1971 - 2000



Increment en el número mitjà de ratxes en dies amb temperatures màximes superiors a 33,1°C respecte al període de referència 1971 - 2000 a Barcelona per al període 2071 - 2100 en l'escenari RCP 4.5



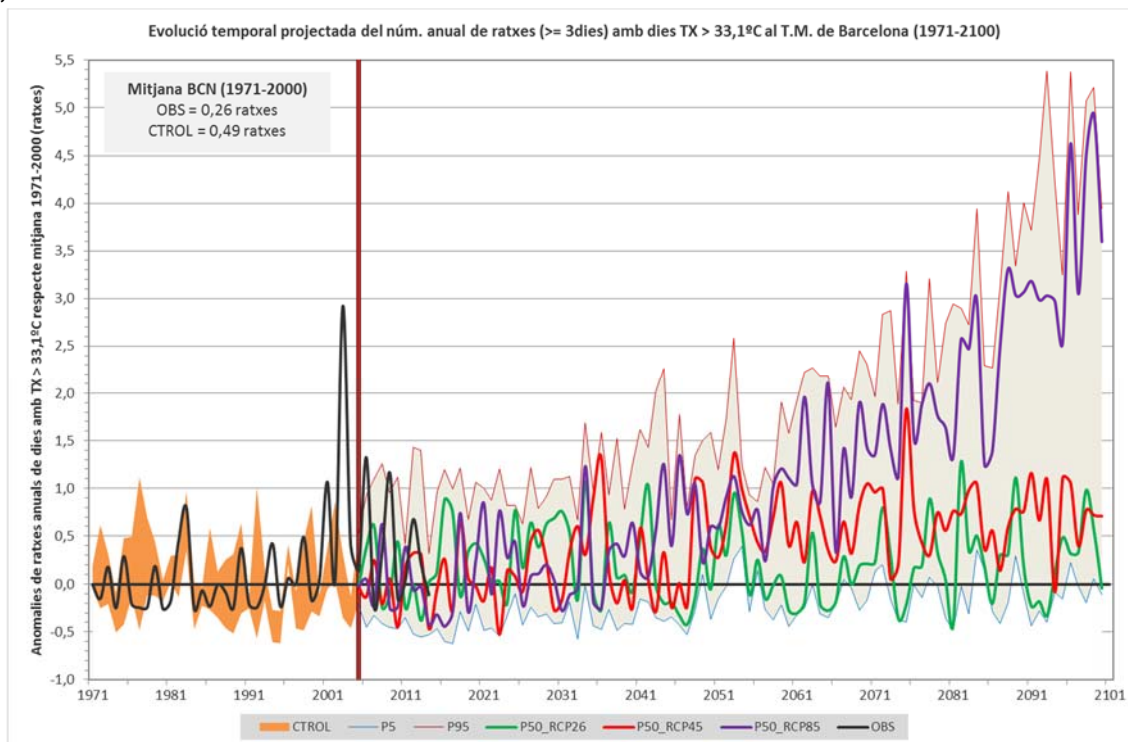
Increment en el número mitjà de ratxes en dies amb temperatures màximes superiors a 33,1°C respecte al període de referència 1971 - 2000 a Barcelona per al període 2071 - 2100 en l'escenari RCP 8.5

Font: representació feta per Barcelona Regional a partir de les dades del Servei Meteorològic de Catalunya

Les projeccions mostren a finals de segle increments màxims de gairebé 2 ratxes en mitjana anual sota l'escenari compromès (RCP4.5) i de 5 sota l'escenari passiu (RCP8.5) a Vallvidrera, el Tibidabo i les Planes.

Altres zones afectades, però en menor grau són Ciutat Meridiana, Torre Baró, Vallbona, la Trinitat i les Roques, on a finals de segle hi ha increments màxims d'una ratxa més en mitjana anual sota l'RCP4.5 i de 4 sota l'RCP8.5.

Gràfic 2: Evolució temporal projectada del número anual de ratxes (=> 3 dies) amb TX > 33,1°C a Barcelona

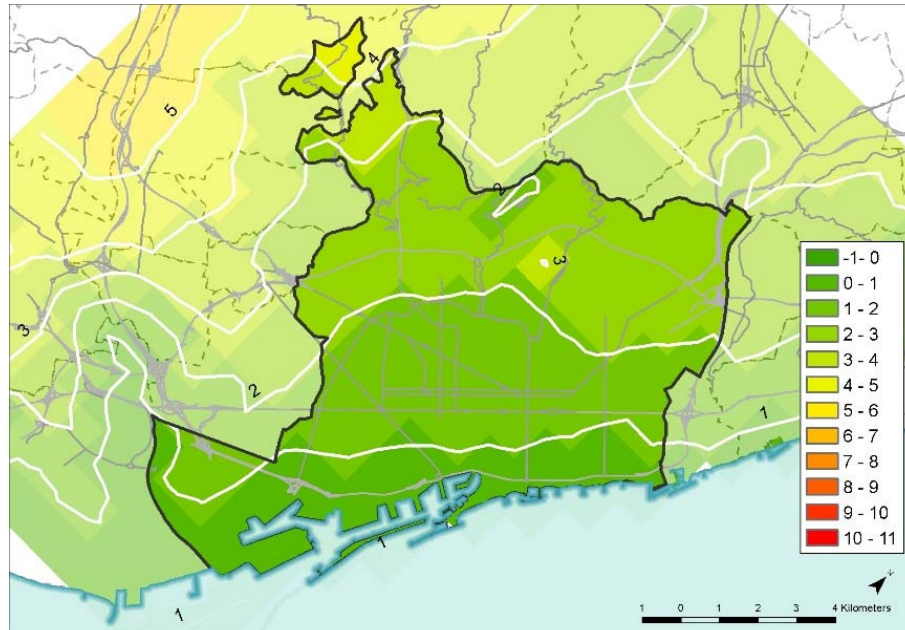


Font: Servei Meteorològic de Catalunya

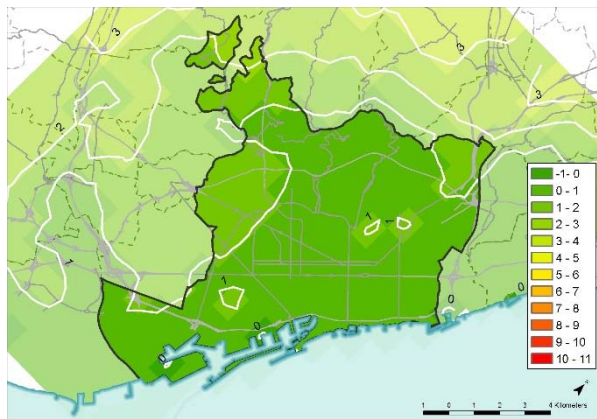
Pel que fa a la **longitud de la ratxa màxima** amb temperatures superiors als TX > 33,1°C, en el període 1971-2000, segons els models analitzats pel SMC, Barcelona ha tingut una longitud mitjana màxima de 2,2 dies a l'any. Aquesta dada ens corrobora el que ens indicava la dada anterior del número mitjà anual de ratxes, ja que ambdues ens diuen que cada any Barcelona no té una onada de calor. Segons els valors de les dades reals observades a les estacions meteorològiques, la longitud de la ratxa màxima es situa en 1,4 dies a l'any de mitjana.

Territorialment, segons els models climàtics, el patró territorial mostra que les ratxes màximes més llargues es situen als barris de Vallvidrera, el Tibidabo i les Planes, amb quasi 4 dies de ratxes. En canvi la zona litoral té ratxes màximes que acostumen a durar 1 dia.

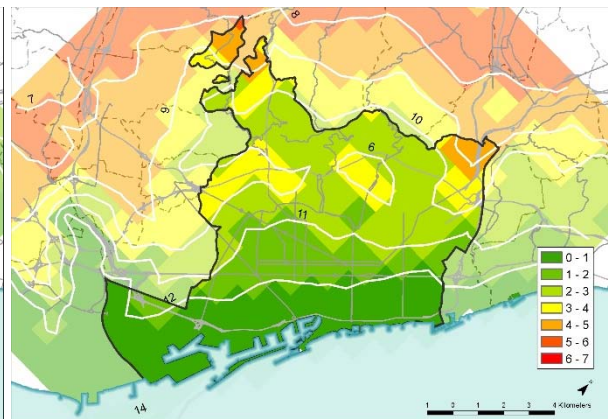
Imatge 58: Longitud de la ratxa màxima en dies amb T⁰ màxima > 33,1°C, en la situació actual (dalt) i amb els escenaris futurs compromès (sota a l'esquerra) i passiu (sota a la dreta).



Longitud de la ratxa màxima mitjana en dies amb temperatures màximes superiors a 33,1°C a Barcelona per al període 1971 - 2000



Increment en la longitud de la ratxa màxima mitjana en dies amb temperatures màximes superiors a 33,1°C respecte al període de referència 1971 - 2000 a Barcelona per al període 2071 - 2100 en l'escenari RCP 4.5



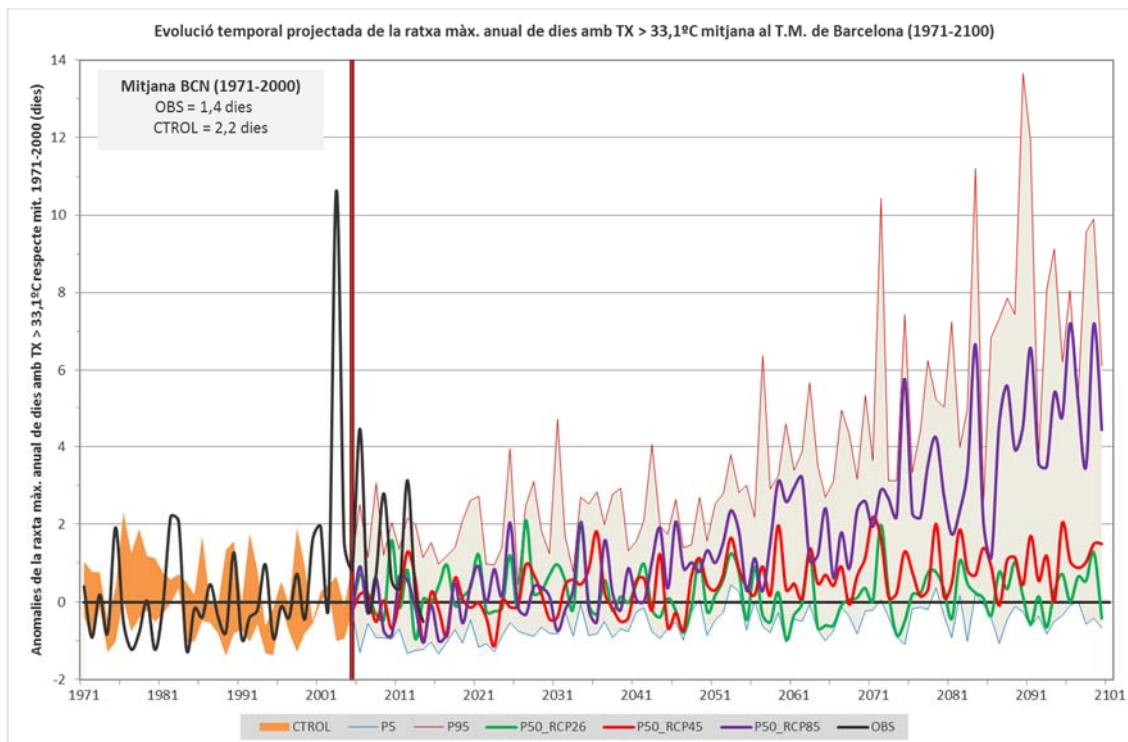
Increment en el número mitjà de ratxes en dies amb temperatures màximes superiors a 33,1°C respecte al període de referència 1971 - 2000 a Barcelona per al període 2071 - 2100 en l'escenari RCP 8.5

Font: representació feta per Barcelona Regional a partir de les dades del Servei Meteorològic de Catalunya

Les projeccions ens mostren uns increments màxims de gairebé 3 dies en mitjana en la longitud de la ratxa màxima sota l'escenari compromès (RCP4.5) i de 8,6 dies sota l'escenari passiu (RCP8.5) a Vallvidrera, el Tibidabo i les Planes.

Altres zones amb increments màxims de gairebé 2 dies en mitjana en la longitud de la ratxa màxima sota l'RCP4.5 i de 6 dies sota l'RCP8.5 són els barris de Ciutat Meridiana, Torre Baró i Vallbona.

Gràfic 3: Evolució temporal projectada de la ratxa màxima anual de dies amb TX > 33,1°C a Barcelona



Font: Servei Meteorològic de Catalunya

2.4.2. ALTRES INDICADORS RELACIONATS AMB LES TEMPERATURES EXTREMES

Dins de l'estudi del SMC s'han analitzat més paràmetres de temperatures extremes per intentar tenir una millor radiografia de l'efecte que les altres temperatures poden tenir a la ciutat de Barcelona.

Els motius bàsicament han sigut dos. Primer perquè està en procés de revisió la pròpia definició d'onada de calor (mínim de 3 dies consecutius amb TX > 33,1°C) i cal analitzar altres possibles llindars a partir del qual és més adequat considerar les onades de calor. I en segon lloc perquè normalment les onades de calor estan referenciades a les temperatures màximes i no es tenen en compte les temperatures a la nit (temperatures mínimes) que condicionen molt la qualitat del son en el període de descans de les persones i per tant afecten a la salut i a la qualitat de vida de la població.

L'estudi del SMC inclou l'estudi dels següents paràmetres:

- Nombre i ratxes de dies càlids (Temperatura màxima > 30 °C)
- Nombre i ratxes de dies tòrrids (Temperatura màxima > 35 °C)
- Nombre i ratxes de nits tropicals (Temperatura mínima > 20 °C)
- Nombre i ratxes de nits tòrrides (Temperatura mínima > 25 °C)
- Nombre i ratxes de nits càlides (Temperatura mínima > 23 °C)

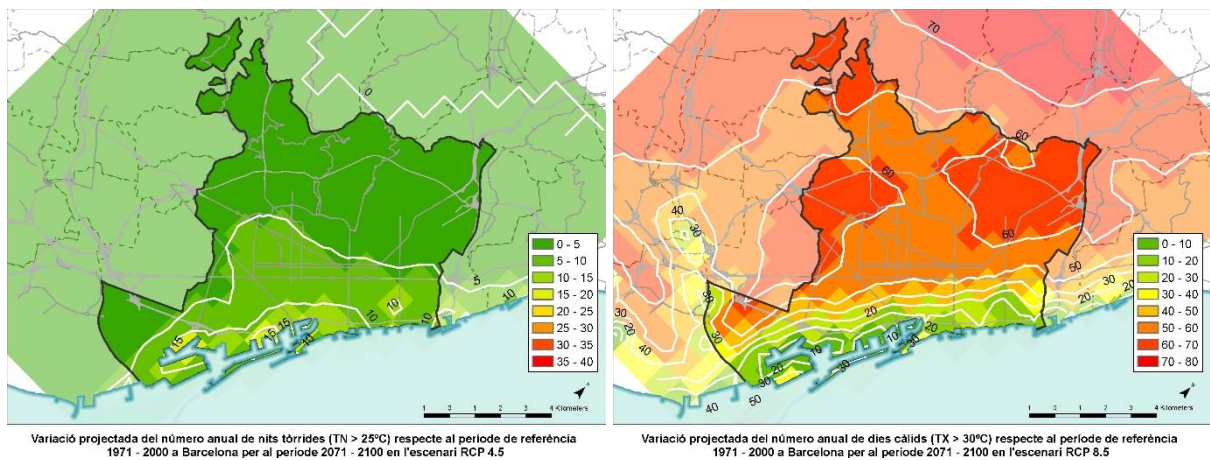
L'anàlisi detallat de cada un d'aquests paràmetres realitzat pel SMC s'adjunta a l'Annex 1.

Les principals conclusions són que augmenten el nombre i les ratxes de tots els paràmetres analitzats.

Pel que fa als **dies càlids**, segons els models climàtics Barcelona té uns 33 dies a l'any, xifra que és força similar als 22 dies observats en les estacions meteorològiques.

A finals de segle, segons les previsions climàtiques hi ha increments màxims de gairebé 1 mes més de dies càlids sota l'escenari compromès (RCP4.5) i de gairebé 2 mesos més sota l'escenari passiu (RCP8.5) a pràcticament tots els barris. Els augments màxims es situen a Ciutat Meridiana, amb 35 dies càlids sota l'RCP4.5 i de 68 dies càlids sota l'RCP8.5.

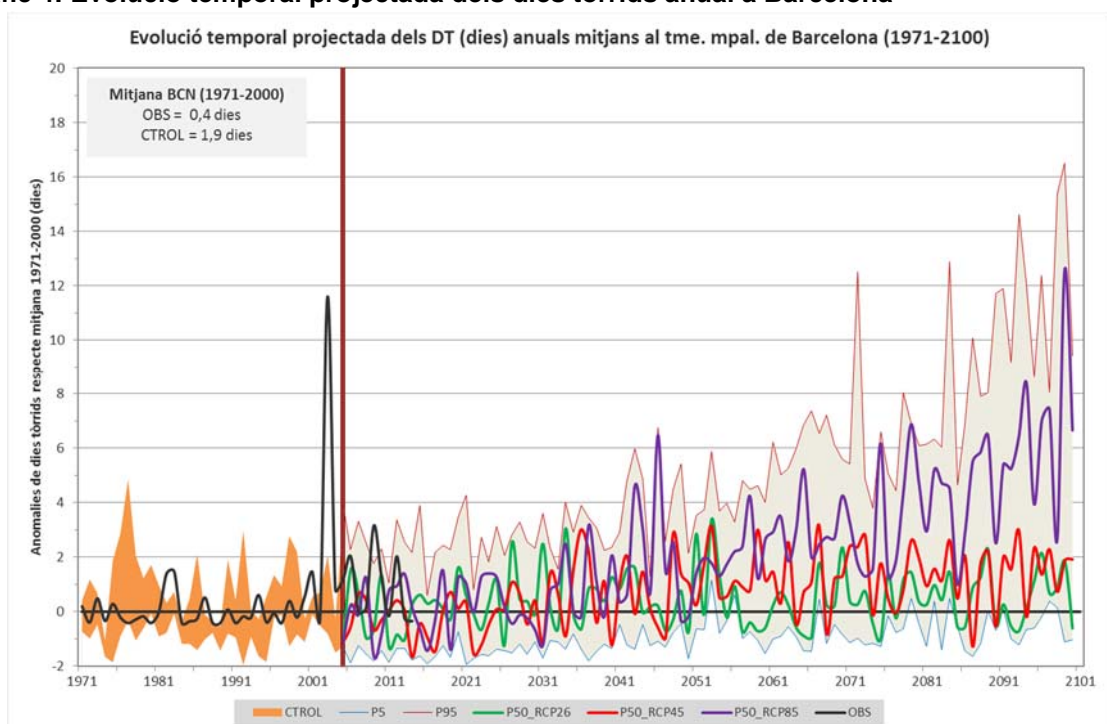
Imatge 59: Increment de dies càlids a finals de segle sota l'escenari compromès (esquerra) i l'escenari passiu (dreta)



Font: representació feta per Barcelona Regional a partir de les dades del Servei Meteorològic de Catalunya

En el cas dels **dies tòrrids**, els models climàtics mostren una mitja de 1,9 dies a l'any. Els valors reals mostren una mitjana de 0,4 dies a l'any.

Gràfic 4: Evolució temporal projectada dels dies tòrrids anual a Barcelona



Font: Servei Meteorològic de Catalunya

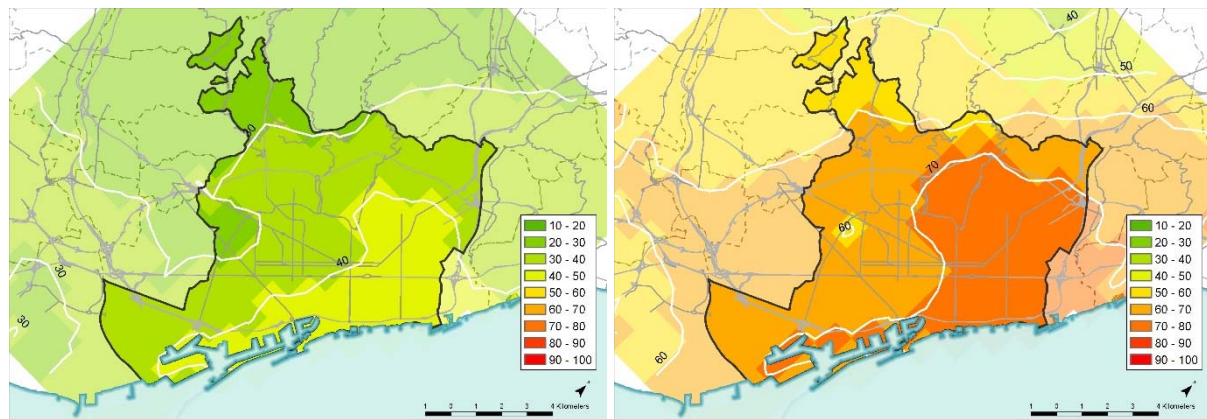
A finals de segle, sota l'escenari compromès (RCP4.5) s'incrementen aproximadament uns 2 dies més i sota l'escenari passiu (RCP8.5) s'incrementen 8 dies més. La distribució territorial dels dies tòrrids és molt similar a la de dies càlids.

Pel que fa a l'anàlisi de les **temperatures mínimes**, s'han analitzat les nits tropicals (temperatura mínima > 20 °C), les nits tòrrides (temperatura mínima > 25 °C) i les nits càlides (temperatura mínima > 23 °C).

El comportament territorial de tots aquests paràmetres és el contrari que les temperatures màximes, ja que durant la nit, les zones que tenen unes temperatures més elevades es situen a la zona litoral, mentre que durant el dia és l'àmbit que té unes temperatures més moderades.

Segons els models emprats pel SMC, actualment tenim unes **53 nits tropicals** a l'any a Barcelona (la dada observada ens mostra una mitjana de 38 nits a l'any). Amb les projeccions s'estima que tinguem màxims superiors a 1 mes sota l'escenari compromès (RCP4.5) a pràcticament tota Barcelona. Els augments màxims són de 45 nits tropicals sota l'escenari compromès (RCP4.5) i de 74 nits sota l'escenari passiu (RCP8.5) a l'àmbit de Diagonal Mar i el Front Marítim del Poblenou, Poblenou i el barri del Besós i el Maresme. Els menors increment són de 20 nits tropicals sota l'escenari RCP4.5 i de 51 nits sota l'escenari RCP8.5 a la zona de Vallvidrera, el Tibidabo i les Planes.

Imatge 60: Increment de les nits tropicals a finals de segle sota l'escenari compromès (esquerra) i l'escenari passiu (dreta)



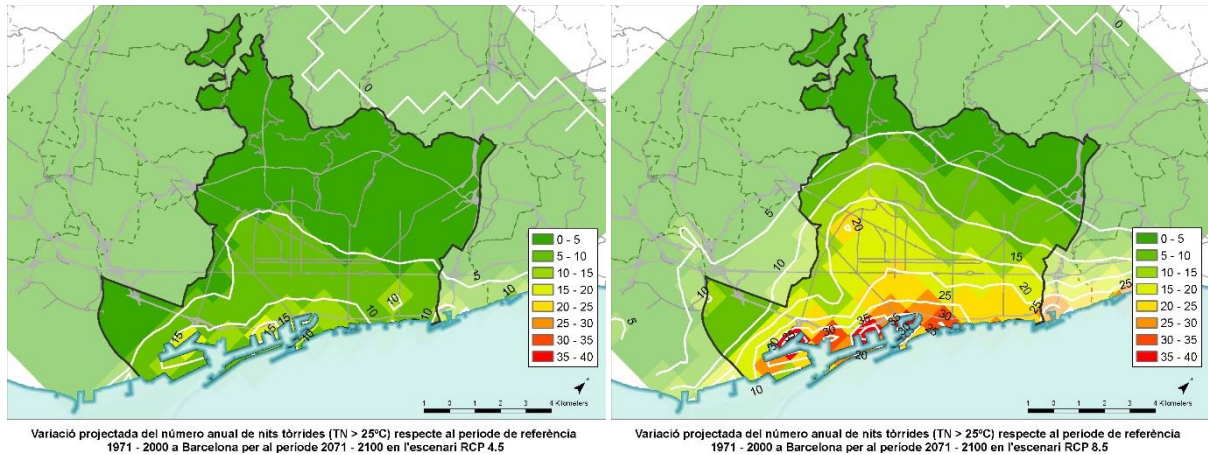
Variació projectada del número anual de nits tropicals (TN > 20°C) respecte al període de referència 1971 - 2000 a Barcelona per al període 2071 - 2100 en l'escenari RCP 4.5

Variació projectada del número anual de nits tropicals (TN > 20°C) respecte al període de referència 1971 - 2000 a Barcelona per al període 2071 - 2100 en l'escenari RCP 8.5

Font: representació feta per Barcelona Regional a partir de les dades del Servei Meteorològic de Catalunya

Les **nits tòrrides**, les que tenen una temperatura mínima > 25 °C, també tenen en el futur un increment destacat, potser no tant pel nombre d'increment de nits, sinó per les molèsties que poden generar a la població en el període de descans.

Imatge 61: Increment de les nits tòrrides a finals de segle sota l'escenari compromès (esquerra) i l'escenari passiu (dreta)



Font: representació feta per Barcelona Regional a partir de les dades del Servei Meteorològic de Catalunya

La dada observada de nits tòrrides és de 0,7 nits a l'any, mentre que els models mostren una mitjana de 1,6 nits a l'any.

Les projeccions climàtiques preveuen increments màxims 1,8 nits tòrrides sota l'escenari RCP4.5 i de gairebé 5 nits tòrrides sota l'escenari RCP8.5 a el Poble Sec i la Marina del Prat Vermell.

En canvi, barris com Torre Baró o Ciutat Meridiana per exemple no presenten pràcticament canvis sota cap escenari respecte aquesta variable.

Finalment, l'estudi del SMC també ha inclòs l'anàlisi de les **nits càlides**, que s'ha definit com les nits amb temperatures superiors als 23 °C. Aquest llindar de temperatura s'ha basat en un estudi del 2015 realitzat a Barcelona, en el qual es volien determinar a partir de quina temperatura es generen problemes a la població amb efectes sobre la salut⁹.

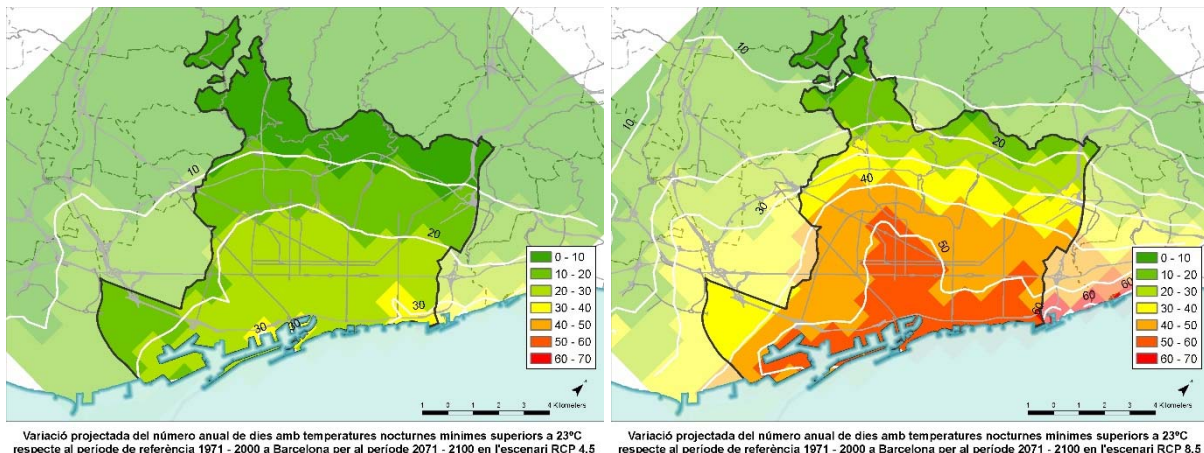
Actualment les nits càlides a Barcelona són aproximadament 6,6 dies a l'any, segons els models climàtics (la dada observada ens mostra una mitjana de 11,9 nits a l'any).

A finals de segle, els increments màxims previstos pels models climàtics es produeixen als barris més litorals: Diagonal Mar i el Front Marítim de Poblenou, el Besós i el Maresme, el Gòtic, el Raval i la Barceloneta, entre d'altres.

Sota l'escenari compromès (RCP4.5) es preveu un augment d'entre 30 i 34 nits càlides més. I sota l'escenari passiu (RCP8.5) hi ha un increment màxim de 62 nits càlides a Diagonal i el Front Marítim del Poblenou i el barri del Besós i el Maresme.

⁹ Peña J.C., Aran M., Raso J.M., Pérez-Zanón, N (2015): Principal sequence pattern analysis of episodis of excess mortality due to heat in the Barcelona Metropolitan Area. Int J. Biometeorol, 59:435-446

Imatge 62: Increment de les nits càlides a finals de segle sota l'escenari compromès (esquerra) i escenari passiu (dreta)



Font: representació feta per Barcelona Regional a partir de les dades del Servei Meteorològic de Catalunya

2.4.3. CARACTERITZACIÓ SINÒPTICA DELS EPISODIS DE CALOR

La variabilitat dels esdeveniments extrems de calor està governada principalment per la circulació atmosfèrica. La persistència de certs patrons sinòptics pot provocar anomalies de temperatura positives en superfície, que poden afectar a vastes àrees durant llargs períodes de temps (Kyselý, 2007).

De fet, diversos estudis han analitzat i classificat els tipus sinòptics que provoquen temperatures excepcionalment altes, utilitzant aproximacions metodològiques desenvolupades tant des d'un punt de vista subjectiu (day-to-day classification: García-Herrera et al., 2005), com objectivament (multivariate analysis techniques: Della-Marta et al., 2007; Kyselý i Huth, 2008). A més, l'augment de temperatura depèn de l'evolució de certs processos atmosfèrics, com l'advecció d'una massa d'aire càlid sobre una àrea (procés dinàmic), o l'escalfament de l'aire a les capes baixes de l'atmosfera com a resultat d'una subsidència anticiclònica relacionada amb certes configuracions (la persistència de la situació sinòptica).

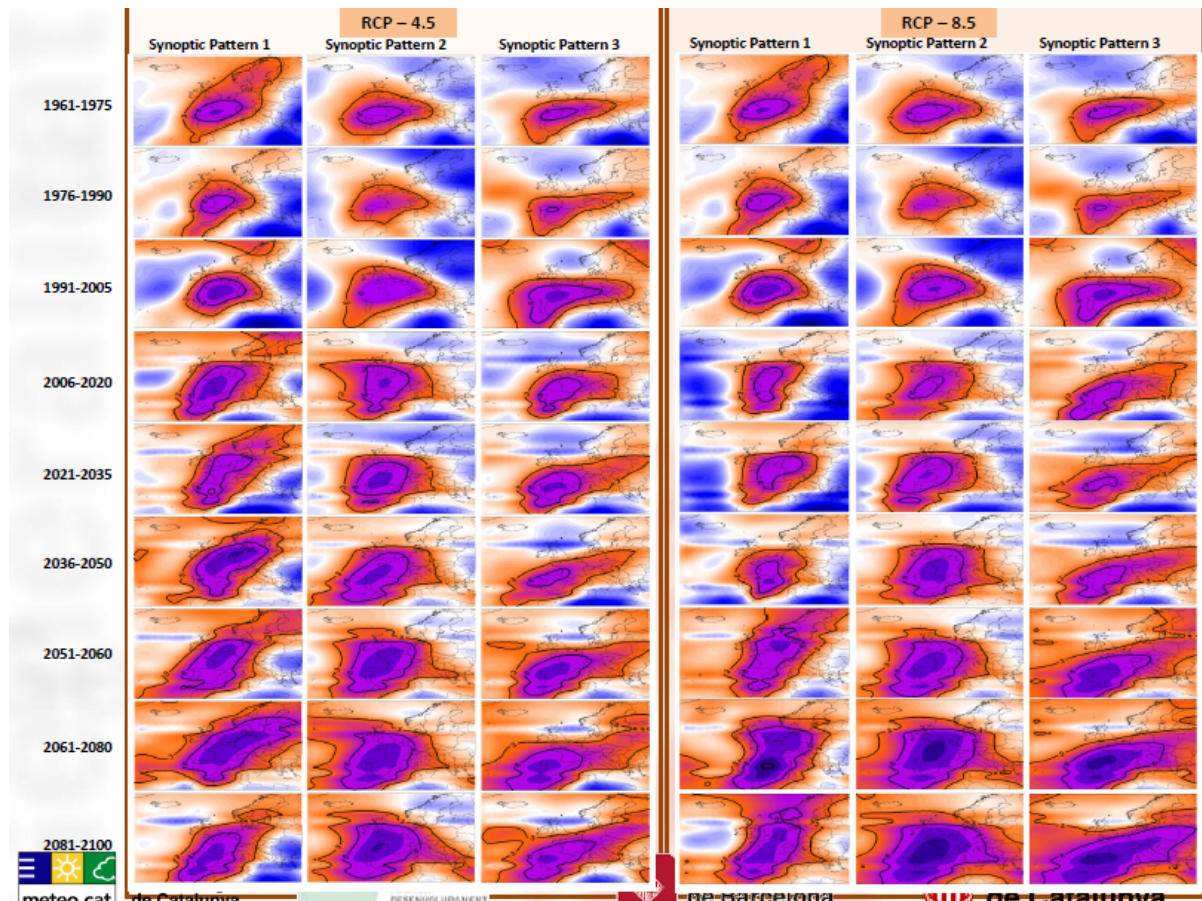
Per tant, un coneixement dels antecedents sinòptics és crucial per a la comprensió de l'evolució dels processos atmosfèrics que caracteritzen aquests episodis. L'anàlisi d'aquests marcs sinòptics pot ser dut a terme fent servir una classificació de les seqüències sinòptiques en funció dels principals paràmetres atmosfèrics, amb resolució horària o diària. La metodologia que ha aplicat el SMC per obtenir una classificació de les situacions relacionades amb cops de calor, és una variant de components principals i és coneix com anàlisi de patrons de seqüències principals (Compagnucci et al., 2001; Escobar et al., 2004; Philipp, 2009; Aran et al., 2011).

A través d'aquest treball s'han pogut identificar tres situacions sinòptiques principals en els moments de tenir a Barcelona onades de calor.

- Patró Sinòptic I (en trets generals efecte localitzat a la Península Ibèrica)
- Patró Sinòptic II (en trets generals nord de la Península Ibèrica i sud-oest d'Europa)
- Patró Sinòptic III (en trets generals onades de calor a centre Europa)

Identificar prèviament aquests episodis pot ajudar a anticipar una resposta per part de les administracions responsables i per tant anticipar la resposta de les diferents administracions amb l'objectiu de reduir els efectes sobre la salut a la població; per exemple els hospitals poden preparar-se a un increment d'usuaris a urgències o prendre mesures de prevenció sobre la població sensible.

Imatge 63: Evolució dels patrons sinòptics en els escenaris compromès (RCP4.5) i passiu (RCP8.5)



Font: Servei Meteorològic de Catalunya

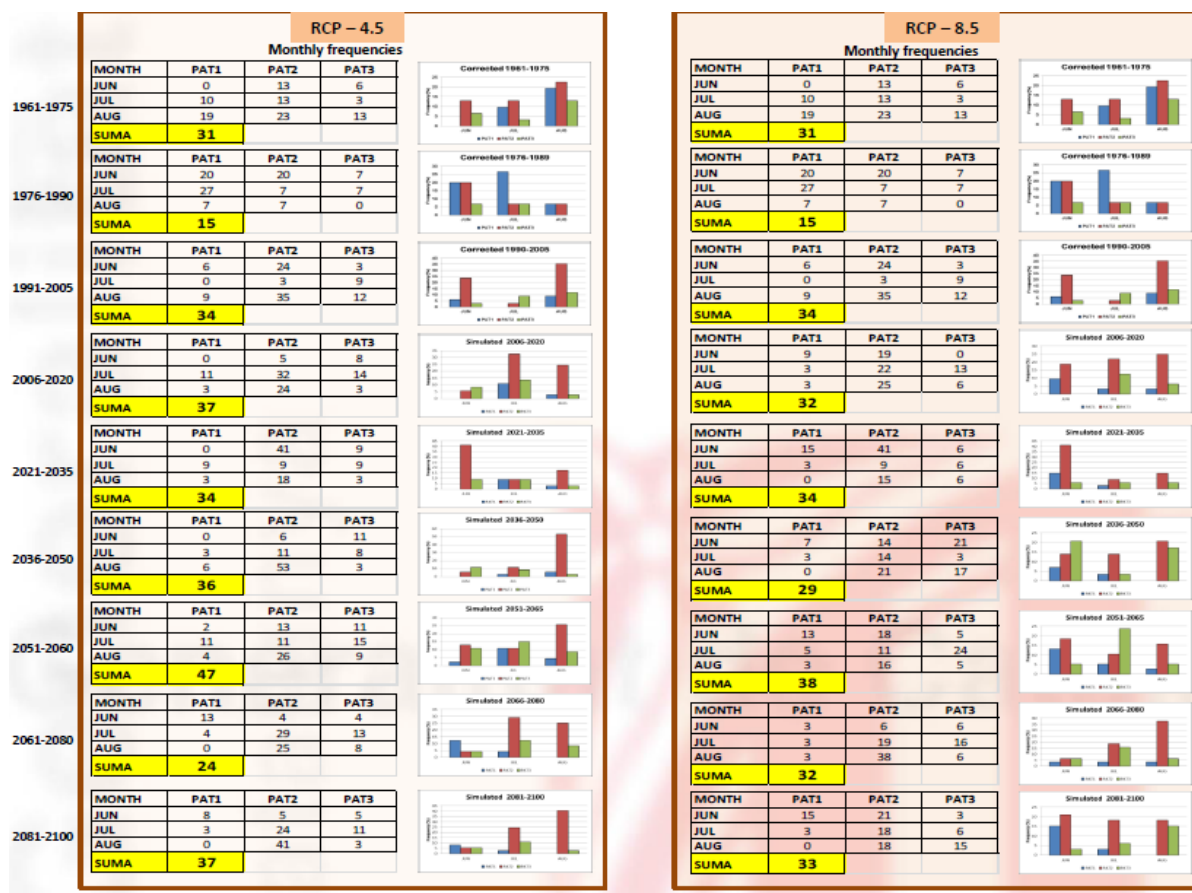
Aquest anàlisi dels patrons sinòptics únicament s'ha fet amb el model climàtic alemany (MPI-ESM: Max Planck Institute for Meteorology).

Analitzant l'evolució de la freqüència i l'intensitat d'aquests patrons sinòptics, el SMC conclou que sota l'escenari compromès (RCP4.5) s'evidencia una tendència positiva a un augment en la freqüència d'aquestes situacions. Aquest augment és degut a una disminució del patró sinòptic I i a un augment en el patró sinòptic II (especialment al mes d'agost). El patró sinòptic III té un augment significatiu al mes de juliol.

Sota l'escenari passiu (RCP8.5) no s'evidencia una tendència clara a l'augment però sí una intensificació d'aquestes situacions. El PS I disminueix de manera significativa a l'agost. S'observa un augment significatiu en la freqüència del PS III.

Veure Annex I per a tenir més detall de l'estudi del SMC.

Imatge 64: Evolució de la freqüència dels patrons sinòptics entre els escenaris compromès (RCP4.5) i passiu (RCP8.5)



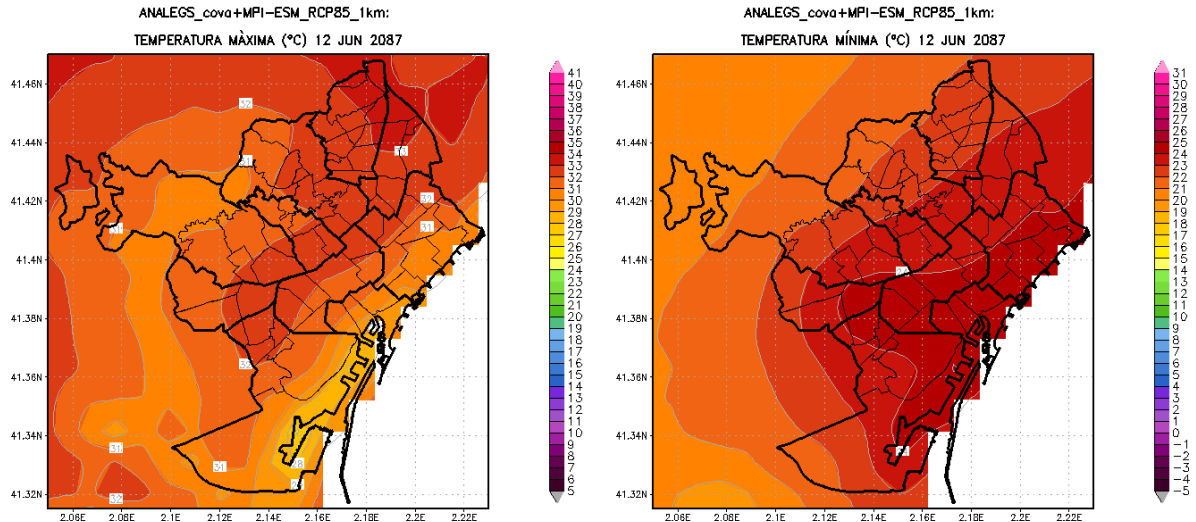
Font: Servei Meteorològic de Catalunya

2.4.4. EXEMPLES D'ONADES DE CALOR FUTURES

A continuació es mostren les projeccions d'onades de calor futures realitzades pel SMC, i diferenciant les onades de calor per patrons sinòptics. Es mostren les temperatures màximes i les mínimes dels mateixes onades de calor.

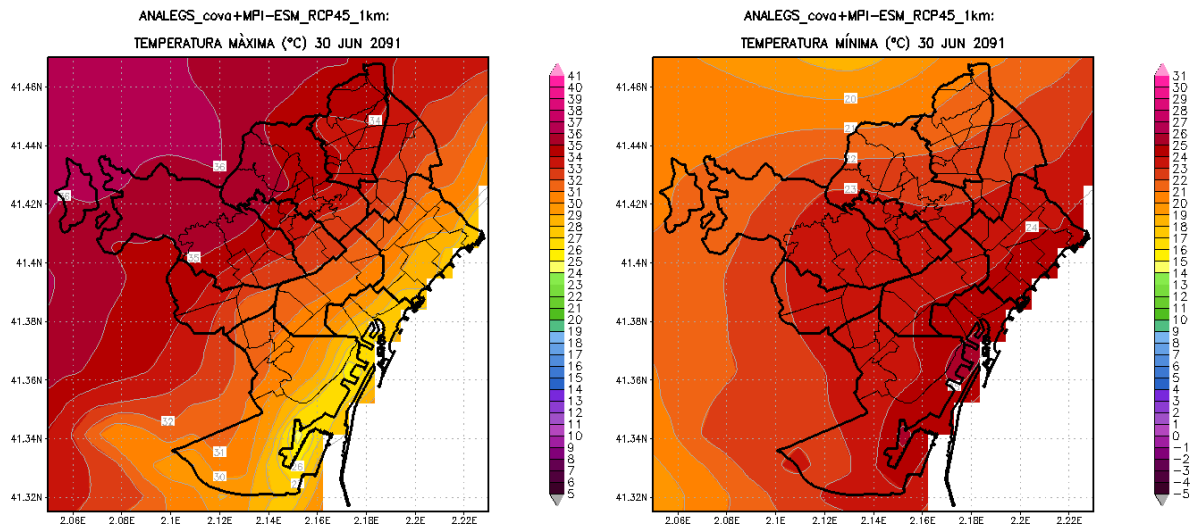
Aquestes imatges representen hipotèticament com serien les onades de calor del futur. Són aproximacions que ens donen els models i que evidentment no cal agafar al peu de la lletra amb la data i amb els graus exactes. L'important d'aquestes imatges és la distribució territorial de les futures onades de calor i la tendència que marquen.

Imatge 65: Exemple d'onada de calor Patró Sinòptic I, al juny 2087. T màx i T mín.



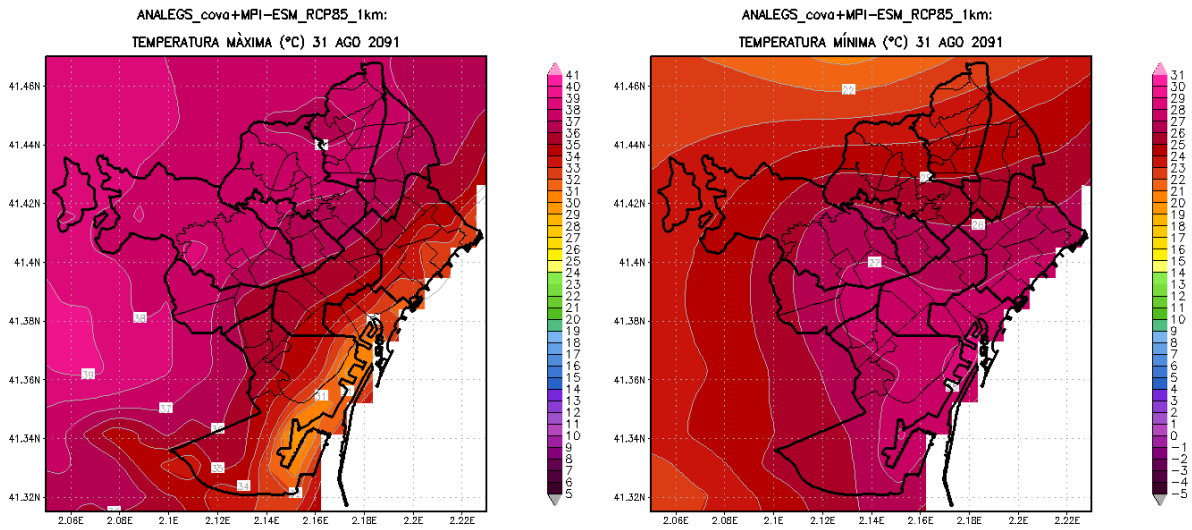
Font: Servei Meteorològic de Catalunya

Imatge 66: Exemple d'onada de calor Patró Sinòptic I, al juny 2091. T màx i T mín.



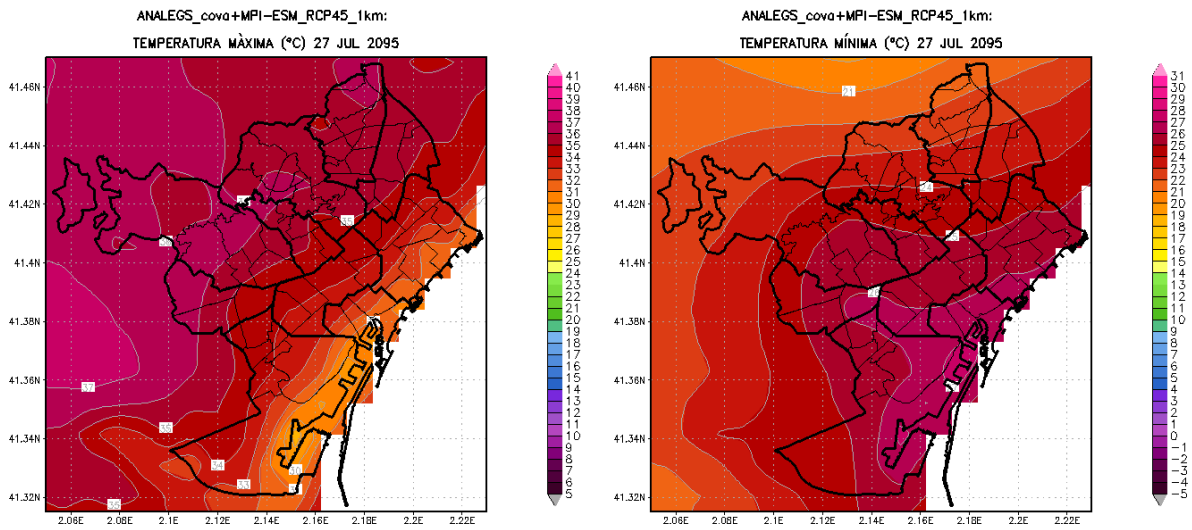
Font: Servei Meteorològic de Catalunya

Imatge 67: Exemple d'onada de calor Patró Sinòptic II, a l'agost 2091. T màx i T mín.

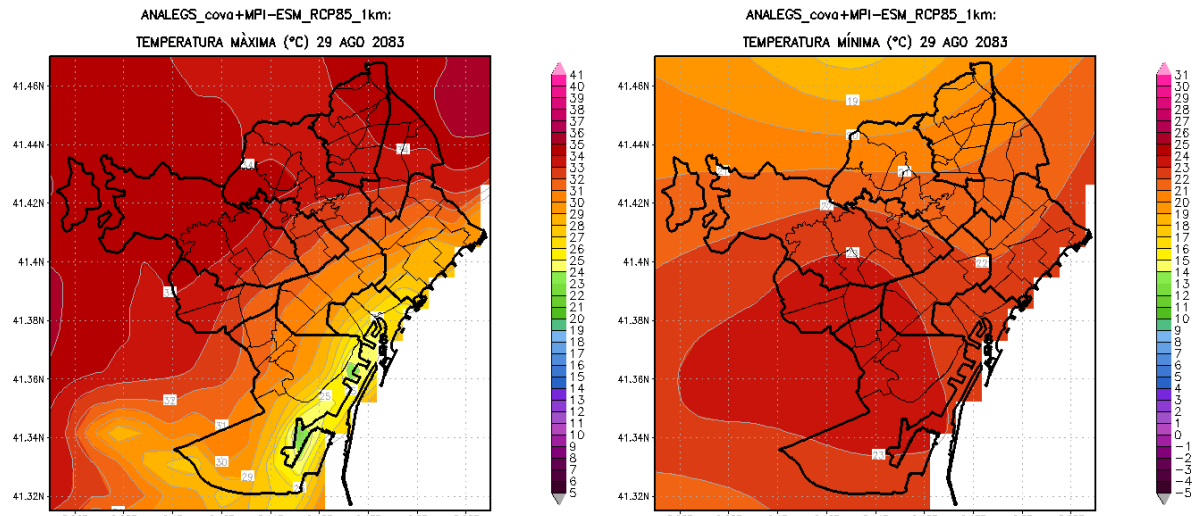


Font: Servei Meteorològic de Catalunya

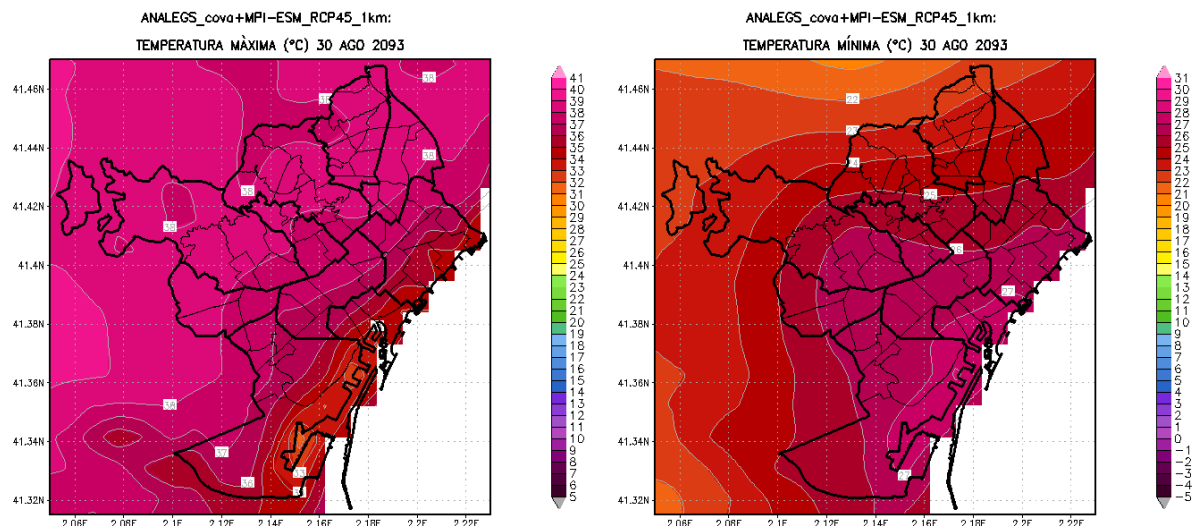
Imatge 68: Exemple d'onada de calor Patró Sinòptic II, al juliol 2095. T màx i T mín.



Font: Servei Meteorològic de Catalunya

Imatge 69: Exemple d'onada de calor Patró Sinòptic III, al juliol 2095. T màx i T mín.

Font: Servei Meteorològic de Catalunya



Font: Servei Meteorològic de Catalunya

Tal i com es pot veure en les anteriors imatges, els patrons territorials de les onades de calor futures seran molt similars a les actuals, però amb temperatures lleugerament superiors i sobretot amb major freqüència d'episodis i un allargament del nombre de dies durant les onades de calor.

Durant el dia, les zones que patiran més seran els districtes situats més pròxims a les zones de muntanya i al sector Besòs, mentre que de nit les zones on es registraran temperatures mínimes més elevades seran a la zona litoral.

En concret, l'estudi del SMC conclou el següent respecte a les **temperatures màximes** futures:

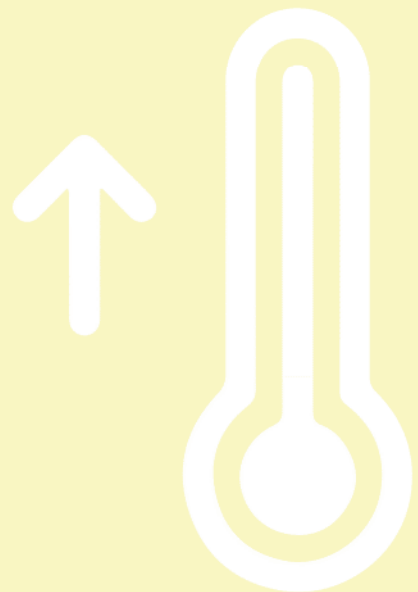
- La zona litoral és la zona menys exposada de la ciutat de Barcelona a registrar dies amb temperatures màximes superiors als 33,1 °C

- Els districtes de Ciutat Vella, Sant Martí, part de l'Eixample i de Sants-Montjuïc en mitjana tenen 1 dia amb TX > 33,1 °C cada 2 o 3 anys
- Els barris més exposats són Vallbona, Ciutat Meridiana i Torre Baró amb una mitjana anual superior als 4 dies amb TX > 33,1 °C
- Es projecta un increment en el nombre de dies anuals amb temperatura màxima superior als 33,1 °C de 5 - 10 dies de mitjana a Barcelona (escenari compromès, RCP4.5)
- Els majors augments es localitzen a les zones més exposades (barris de Vallvidrera, el Tibidabo i les Planes, Ciutat Meridiana, Torre Baró i Vallbona). En aquests barris es projecten increments a finals de segle entre 13 i 15 dies sota l'RCP4.5 (compromès) i entre 35 i 40 dies sota l'RCP8.5 (passiu).
- Aquest augment no només es projecta en episodis aïllats, també en la freqüència d'onades de calor a Barcelona (augment d'almenys una ratxa més)
- Cal tenir en compte que a les zones més exposades a episodis de calor també es projecta un augment significatiu de dies amb temperatures altes
- Pràcticament a tots els barris es projecta un increment màxim dels dies amb temperatura màxima superior als 30°C (dies càlids) de gairebé 1 mes sota l'RCP4.5 i de gairebé 2 mesos sota l'RCP8.5
- Els augments màxims són de 35 dies càlids sota l'RCP4.5 i de 68 dies càlids sota l'RCP8.5 a Ciutat Meridiana.
- Destaca també que en aquestes zones es projecta un augment de dies amb TX > 35°C de fins a 2 dies anuals (la mitjana actual és inferior a 0,5 dies)
- Els menors increments es localitzen a la zona més litoral (barris de la Marina, el Poble Sec, el Gòtic, Raval i la Barceloneta)

I pel que fa a les **temperatures mínimes** futures:

- En els barris més litorals es projecta un augment de més de 40 nits amb temperatura mínima superior als 20 °C o nits tropicals (de mitjana ja tenen més de 60 nits)
- Els augments màxims són de 45 nits tropicals sota l'RCP4.5 i de 74 nits tropicals sota l'RCP8.5 a Diagonal Mar i el Front Marítim del Poblenou, Poblenou i el barri del Besós i el Maresme.
- Per a les nits tòrrides (TN>25°C) barris com Torre Baró o Ciutat Meridiana per exemple no presenten pràcticament canvis sota cap escenari.
- Barris litorals són els més exposats a Temperatures Mínimes elevades. En aquestes zones tenim unes 15 nits càlides (TN > 23°C)
- Es projecten increments màxims de les nits càlides (TN > 23°C) d'entre 30 i 34 nits sota l'RCP4.5 i de 62 nits sota l'RCP8.5 als barris de Diagonal Mar i el Front Marítim de Poblenou i el Besós)
- A les zones més exposades es projecta un augment en la freqüència d'onades de calor per temperatura mínima (+6 dies amb TN > 23 °C). Els increments màxims són de gairebé 2 ratxes de mitjana anual sota l'escenari compromès (RCP4.5) i de gairebé 4 ratxes de mitjana anual sota l'escenari passiu (RCP8.5) als barris del Poble Sec, la Marina del Prat Vermell, el Gòtic, el Raval i la Barceloneta
- També es projecta un increment en la longitud de la ratxa màxima anual que augmentaria en 5 nits més sota l'RCP4.5 i entre 9 i 10 nits sota l'RCP8.5 als barris del Poble Sec, la Marina del Prat Vermell, el Gòtic, el Raval i la Barceloneta
- Es projecta que en el futur l'àrea exposada a Temperatures Mínimes augmenti cap a la zona interior – oest de Barcelona

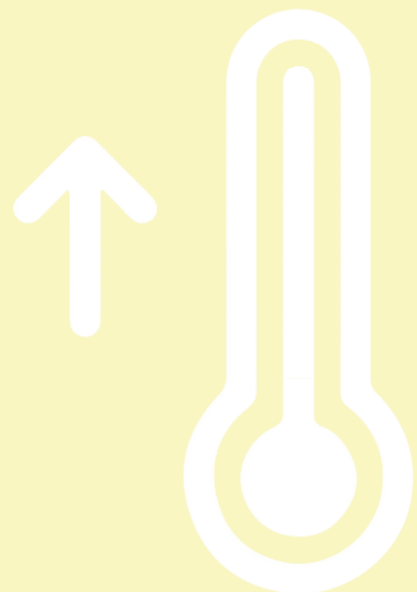
3. CONCLUSIONS



- En els darrers 34 anys, la ciutat de Barcelona ha tingut unes 8 onades de calor.
- Les onades de calor més rellevants que ha patit Barcelona són la del 1982, on es van registrar algunes temperatures que encara avui són rècord de màximes, i la del 2003, que va tenir un període de duració excepcionalment llarg.
- Les onades de calor es produeixen habitualment en els mesos d'estiu (juny-juliol-agost), ja que és quan es registren les temperatures més altes de tot l'any. A més els dies són més llargs, i durant les nits no hi ha suficient temps per a què es refredi la superfície i en conseqüència l'atmosfera, motiu pel qual les mínimes són força elevades. Això pot produir incomoditat per a dormir i provoca que es comenci el dia amb temperatures elevades, properes als 20°C.
- Analitzant les dues darreres onades de calor de Barcelona (2015 i 2012), es pot veure que hi ha territorialment les zones amb uns valors de temperatura més elevats es situen a la zona de Les Corts – Eixample Esquerra, i al districte de Nou Barris.
- Per contra, les zones amb una temperatures menors es situen a la zona litoral.
- La zona central de la ciutat és la que presenta una menor variació entre la temperatura màxima i mínima. És a dir, és la que presenta una inèrcia tèrmica més elevada. En aquest cas cal tenir en compte una possible interferència de l'efecte illa de calor.
- Tant a l'onada del 2015 com a la del 2012, les temperatures màximes han experimentat un major augment que no pas les mínimes.
- Entre els diferents paràmetres que determinen la vulnerabilitat de Barcelona a les onades de calor, els més destacats dels quals es disposen dades són: presència de gent major de 75 anys, demanda energètica de fred dels edificis, presència / absència de vegetació dins la trama urbana i instrucció insuficient. La vulnerabilitat global a les onades de calor (tenint en compte els 4 paràmetres esmentats) mostra una part central de la ciutat menys vulnerable formada pels districtes de Sarrià – Sant Gervasi, Eixample, les Corts i part de Sant Martí, i unes zones més vulnerables als barris més propers al sector Besòs i part d'Horta i gran part del districte de Sants – Montjuïc.
- Analitzada la vulnerabilitat per a cada un dels 4 paràmetres per separat ens indica que les zones més vulnerables són:
 - Gent major de 75 anys: barris d'Horta – Guinardó, Nou Barris, els barris de Sant Martí situats més cap el Besòs i part de Collserola.
 - Demanda energètica dels edificis: els districtes de Sarrià – Sant Gervasi, Les Corts, Eixample, i part dels barris més nous o transformats del districte de Sant Martí.
 - Manca de vegetació: polígon industrials de Zona Franca i Bon Pastor, el districte de Nou Barris, Sant Andreu o algunes zones de Ciutat Vella, Sants o Horta-Guinardó.
 - Formació insuficient: Sants – Montjuïc i la zona propera al sector Besòs.
- Tenint en compte la vulnerabilitat i creuant-ho amb l'onada de calor de l'any 2015, les zones que més van patir els efectes de les altes temperatures va ser el districte de Nou Barris i algunes zona dels districtes de Sants – Montjuïc.
- Barcelona té 977 equipaments amb població sensible a la calor, dels quals una part important són residències assistencials, centres de dia i hospitals i clíniques. La seva distribució és força homogènia per tota la ciutat, excepte algunes zones situades a la perifèria de la ciutat, com el polígon industrial de la Zona Franca i algunes parts dels districtes de Sant Martí, les Corts i Sant Andreu.
- Per altra banda l'Ajuntament té 77 equipaments refugi (biblioteques públiques i complexos esportius) que en moments puntuals d'altres temperatures poden actuar de punts d'acollida a de la població vulnerable.

- La major part de la ciutat té suficients equipaments refugi com per a garantir que en menys de 10 minuts caminant gran part de la població vulnerable pugui arribar-hi. Algunes zones són centrals de la ciutat més deficitàries, com és el cas de l'antiga Esquerra de l'Eixample, Sant Gervasi – Galvany o algunes zones de Gràcia i Horta – Guinardó.
- Els parcs també tenen un paper mitigador a les altes temperatures i poden acollir a població en general en determinats moments. La ubicació d'aquests parcs es localitzen repartits per tota la ciutat, excepte per a la part central.
- Els parcs que estarien més saturats a l'hora d'acollir a la població més vulnerable del voltant es situen als barris de l'Eixample, Sant Andreu i Nou Barris.
- Finalment, si s'analitza conjuntament l'efecte que poden tenir els equipaments refugi i els parcs refugi, es pot veure que gran part de la ciutat queda coberta per un o altre tipus d'espai d'acollida. Ambdues tipologies tenen característiques molt diferenciades que poden acollir gent en moments diferents i també poden proporcionar serveis diferents a la població.
- Pel que fa a les onades de calor futures es preveu que aquestes siguin més freqüents, amb una duració de dies més llarga i amb un petit augment de les temperatures.
- La incidència de les onades de calor tindrà un augment sostingut fins a mitjans de segle. És a partir de la segona meitat de segle que tots els paràmetres associats a les altes temperatures s'incrementen de forma molt notable, sobretot sota l'escenari RCP8.5.
- A final de segle s'incrementaran:
 - els dies càlids en gairebé 1 mes més sota l'escenari RCP4.5 i en gairebé 2 mesos sota l'escenari RCP8.5. (Mitjana actual observada: 25 dies a l'any)
 - els dies tòrrids en 2 dies més sota l'escenari RCP4.5 i en 8 dies sota l'escenari RCP8.5. (Mitjana actual observada: 0,4 dies a l'any)
 - les nits tropical en 30 nits més sota l'escenari RCP4.5 i en 45 nits sota l'escenari RCP8.5. (Mitjana actual observada: 38 nits a l'any).
 - les nits tòrrides en 1,8 nits més sota l'escenari RCP4.5 i en 5 nits sota l'escenari RCP8.5. (Mitjana actual observada: 1,6 nits a l'any).
- Els efectes de les temperatures durant el període de nit tindran una incidència sobre la població força rellevant, ja que impedirà el seu bon descans (sobretot a la zona litoral).

4. RECOMANACIONS



1. Repensar una nova definició d'onada de calor que sigui més adequada als efectes sobre la salut de la població

Es fa necessari repensar d'una forma més global la definició de les onades de calor. Aquesta nova definició hauria també d'incloure un llindar de temperatura mínima, ja que les altes temperatures en el període de descans durant varies nits seguides tenen una incidència elevada sobre la salut de les persones.

També valorar l'opció d'adoptar la mateixa definició (i per tant el llindar a partir de quan s'actua) pel conjunt d'administracions que tenen responsabilitats o competències en les onades de calor.

2. Fer un pla d'acció específic al districte de Nou Barris i a la zona de Les Corts per combatre els efectes de les altes temperatures

De l'anàlisi de les onades de calor passades i futures es veu que hi ha algunes zones de la ciutat on probablement els efectes de les altes temperatures siguin lleugerament majors que a la resta. Caldrà estudiar mesures específiques per aquestes zones i de detall, algunes de les quals poden ser:

- l'increment del verd, potenciant les espècies amb major evapotranspiració als parcs d'aquestes zones i un enverdiment generalitzat a tot l'àmbit (veure punt 3)
- millores dels grans espais públics amb la utilització de materials que no siguin molt absorbents de calor (amb alta albedo), posar elements d'aigua o major presència de verd per refrescar l'àmbit...
- control i seguiment de la població vulnerable d'aquests barris en els moments d'altes temperatures. Tenir controlada la gent gran més vulnerable davant la calor, ja sigui per temes de salut o bé perquè viu sola.
- I les mesures que es considerin adequades

3. Incrementar la presència de verd a la ciutat per tal reduir els impactes associats a les altes temperatures i a les onades de calor.

L'efecte termo-regulador que proporciona la vegetació de la ciutat es tradueix en que els espais verds siguin un element de resiliència davant possibles efectes del canvi climàtic, com l'increment d'onades de calor o l'accentuació de l'efecte illa de calor. Els beneficis ambientals relatius a la regulació de la humitat són de gran interès com a aportació a l'adaptació local al canvi climàtic i com a millora de la qualitat de vida dels seus ciutadans.

Els serveis socioambientals del verd urbà són fonamentals per fer de les ciutats un lloc més habitable dins d'un marc de canvi climàtic; per tant, cal assegurar que el verd urbà que es planifica i gestiona a Barcelona pugui oferir el màxim nombre d'aquest tipus de serveis i fer que tots els ciutadans puguin gaudir-ne.

El Compromís de Barcelona pel Clima es fixa com a objectiu d'adaptació incrementar els espais verds de Barcelona en 1 m²/habitant en l'horitzó de l'any 2030. Aquesta fita equival actualment a 160 ha de nous espais verds. Com que el Compromís pel Clima es va signar el

2015, el ritme mitjà d'increment de verd a la ciutat per assolir el compromís hauria de ser de 10,67 ha cada any, la qual cosa equivaldria en el període 2015-2019 a 42,68 ha.

Malgrat la densitat i la consolidació de la trama urbana de la ciutat de Barcelona, hi ha opcions per augmentar els espais verds de la ciutat, que no només es concentren a les àrees previstes pel planejament com a parcs urbans. En aquest procés és molt important l'aportació de la ciutadania.

Cal tenir en compte que el Compromís pel Clima es va signar per poder mitigar els efectes del canvi climàtic i adaptar-s'hi. En aquest sentit, es consideren increment de verd totes aquelles actuacions que permeten establir més vegetació a la ciutat, ja que una quantitat més elevada de vegetació permetrà mitigar l'efecte illa de calor i ser més resilients a les onades de calor, i afavorirà una millor regulació tèrmica i també un segrest més gran de carboni.

És per això que s'ha impulsat una mesura de govern per potenciar el verd a la ciutat. Aquesta mesura es planteja en 4 línies estratègiques, que estableixen el camí a seguir cap a la concreció de la infraestructura verda de la ciutat:

- Línia 1. Increment de la Infraestructura Verda
- Línia 2. Millora de la Infraestructura Verda existent
- Línia 3. Implicació de la ciutadania en l'increment i la millora de la Infraestructura Verda
- Línia 4. Estudi, planificació i seguiment de la Infraestructura Verda

A nivell d'adaptació climàtica s'hauran de potenciar les mesures que impliquin una major presència de verd a la ciutat, i que bona part ja estan previstes en aquesta mesura de govern.

Imatge 70: Mesura de govern cap a una infraestructura verda: increment de la infraestructura verda



Font: Ajuntament de Barcelona

Les zones vulnerables on es prioritzaran aquestes mesures són el districte de Nou Barris, Sant Andreu o algunes zones de Ciutat Vella, Sants o Horta – Guinardó.

4. Potenciar que els grans equipaments municipals i els habitatges públics de nova construcció tinguin en compte criteris de refrigeració que no suposin un cost energètic o bé amb una optimització del consum energètic.

Dissenyar les noves edificacions públiques tinguin una demanda energètica de fred molt baixa o molt eficient. Es vol que l'administració tingui una conducta exemplificant en aquest camp.

5. Establir un protocol d'actuació en moments d'altres temperatures específics per a la població que està en els equipaments sensibles.

Barcelona té uns 977 equipaments sensibles a tota la ciutat. Cada tipologia d'equipament (escola, hospital, habitatge de la gent gran,...) té les seves característiques específiques que fan que les seves prioritats a l'hora d'actuar siguin diferents. És per això que seria interessant establir un protocol d'actuació per a cada un d'ells, permetent l'actuació coordinada de les diferents administracions responsables.

Prèviament a aquest protocol caldrà una validació de la correcta identificació d'aquests 977 equipaments sensibles.

6. Potenciar l'ús dels equipaments refugi i els parcs refugi en els moments d'altres temperatures calor.

Facilitar l'accés als equipaments i els parcs refugis com a zones de refresc en els moments d'altres temperatures, aplicant les mesures necessàries per acollir en primera instància la població sensible, i en cas que es disposi de més espai al públic en general que ho sol·liciti.

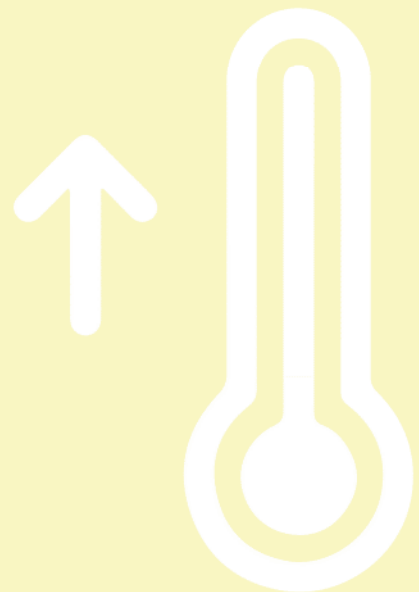
Caldrà repensar l'horari d'obertura d'aquests espais, sobretot dels parcs refugi.

Imatge 71: Parc de la Ciutadella



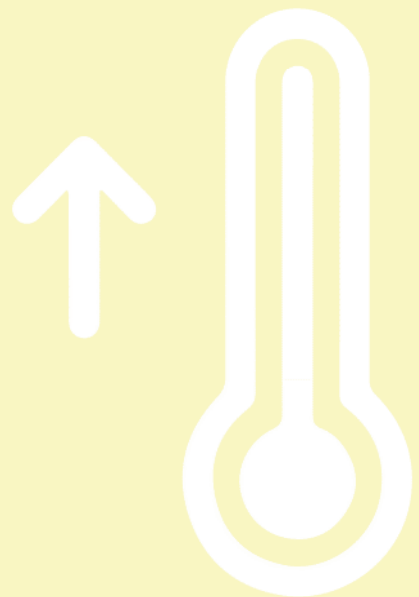
Prèviament caldrà una validació de la correcta identificació d'aquests 77 equipaments refugi + parcs refugi, i establint en detall si tenen climatització i la quantitat de gent que podrien acollir.

5. BIBLIOGRAFIA



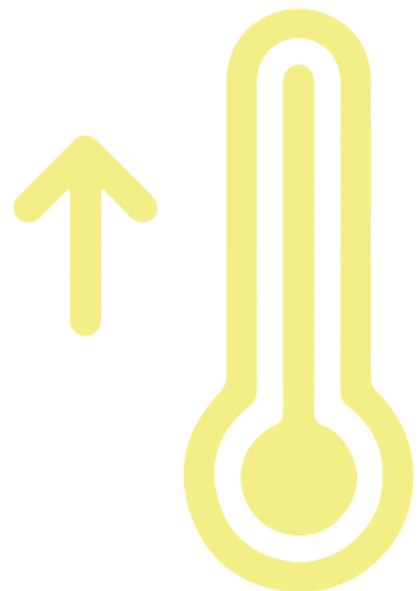
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2012)*, 2014.
- MARTA SANTIAGO JIMÉNEZ. Projecte final de carrera. Llicenciatura de Ciències Ambientals: *La repercussió de l'onada de calor de 2003 en la població major de 65 anys de Barcelona i l'Àrea metropolitana*. Curs 2010-2011.
- XU Y, DADVAND P, BARRERA-GÓMEZ J, ET AL. Differences on the effect of heat waves on mortality by sociodemographic and urban landscape characteristics. *Epidemiol Community Health*. Publicat a internet primer: 26 de febrer 2013. doi: 10.1136/jech-2012-201899.
- PEÑA J.C., ARAN M., RASO J.M., PÉREZ-ZANÓN, N. *Principal sequence patern analysis of episodis of excess mortality due to heat in the Barcelona Metropolitan Area*. *Int J. Biometeorol*, 59:435-446, 2015.
- AGÈNCIA DE SALUT PÚBLICA DE BARCELONA. *Impacte de l'ona de calor sobre la salut a la ciutat de Barcelona l'estiu del 2003*. Monogràfic. 2004.
- SIMONE RUSSO, JANA SILLMANN AND ERICHMFISCHER. *Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades*, 2015.
- OFICINA CATALANA DE CANVI CLIMÀTIC. *Anàlisi del grau de vulnerabilitat i resiliència dels municipis de Catalunya al Canvi Climàtic*. Generalitat de Catalunya, 2016.
- GENERALITAT DE CATALUNYA I INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS. *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. 2016.
- GENERALITAT DE CATALUNYA I INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS. *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. 2010.
- AJUNTAMENT DE BARCELONA. *Pla de Protecció Civil municipal per a onada de calor*. Febrer 2013.
- AGÈNCIA DE SALUT PÚBLICA DE CATALUNYA. *Pla d'actuació per prevenir els efectes de les onades de calor sobre la salut (POCS)*. Estiu 2015.

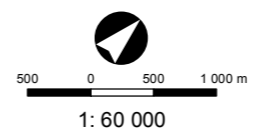
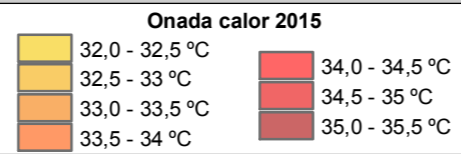
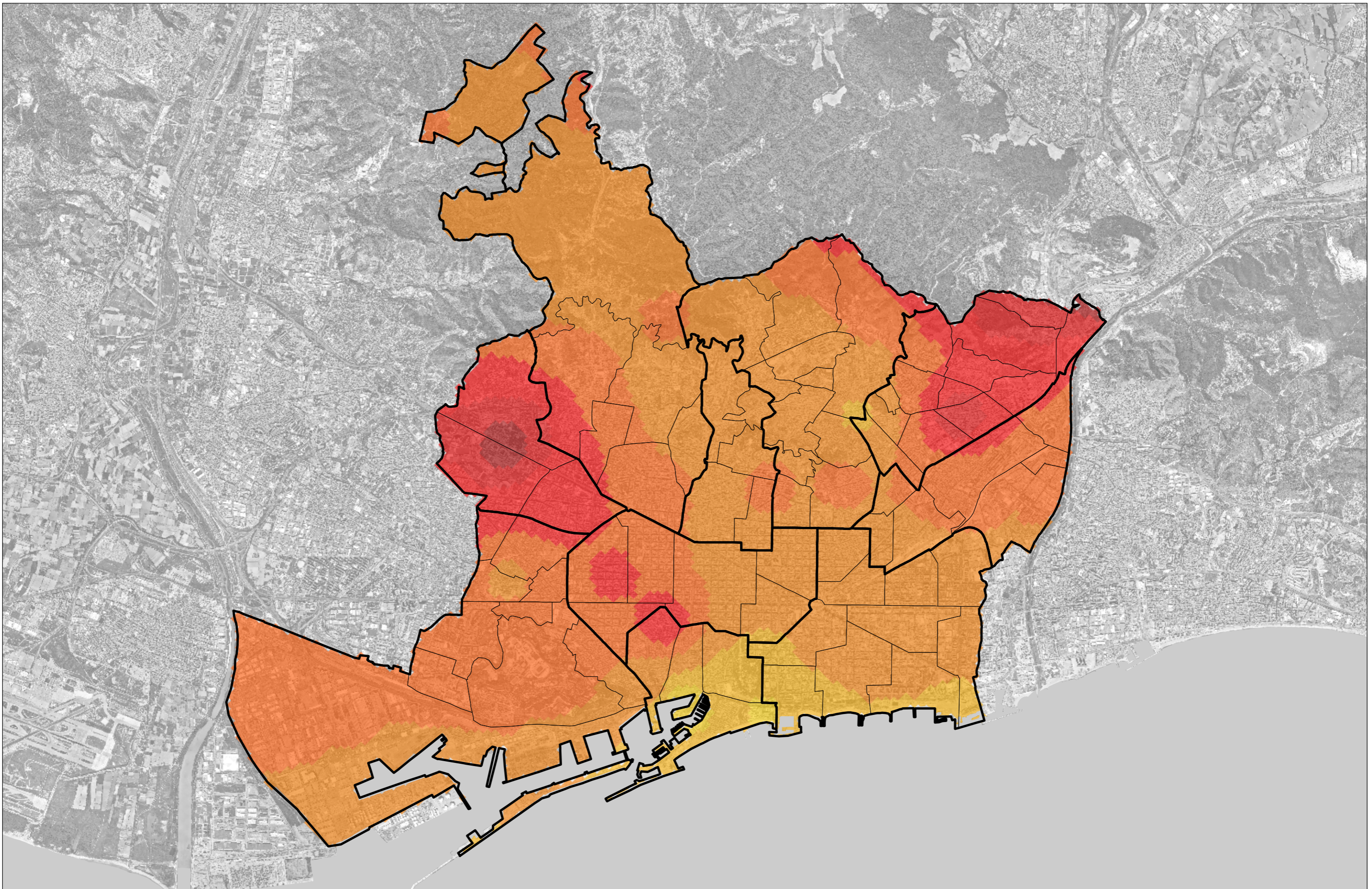
6. ANNEXOS

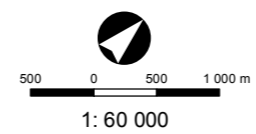
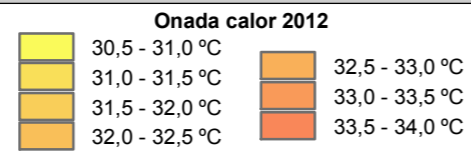
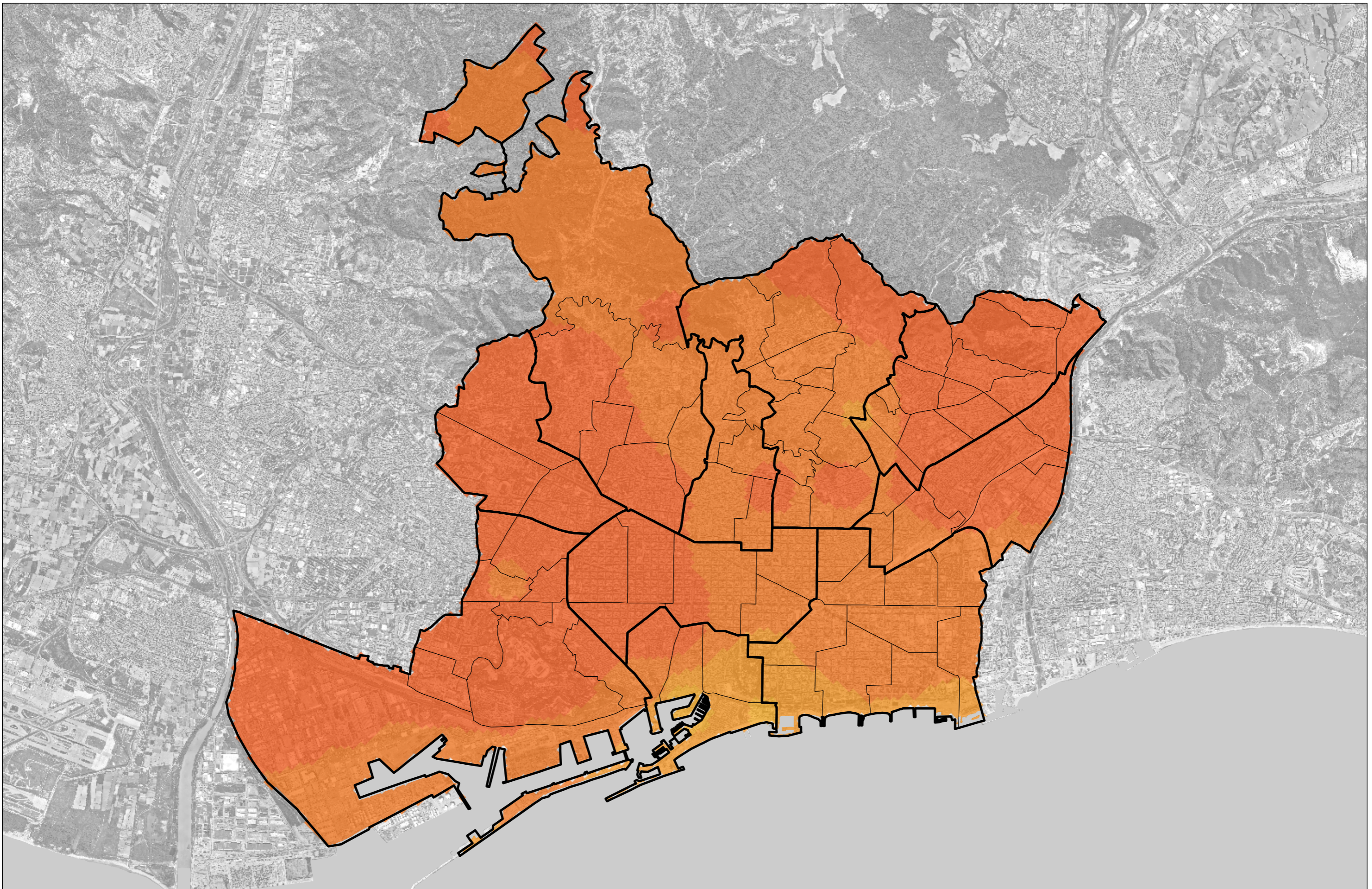


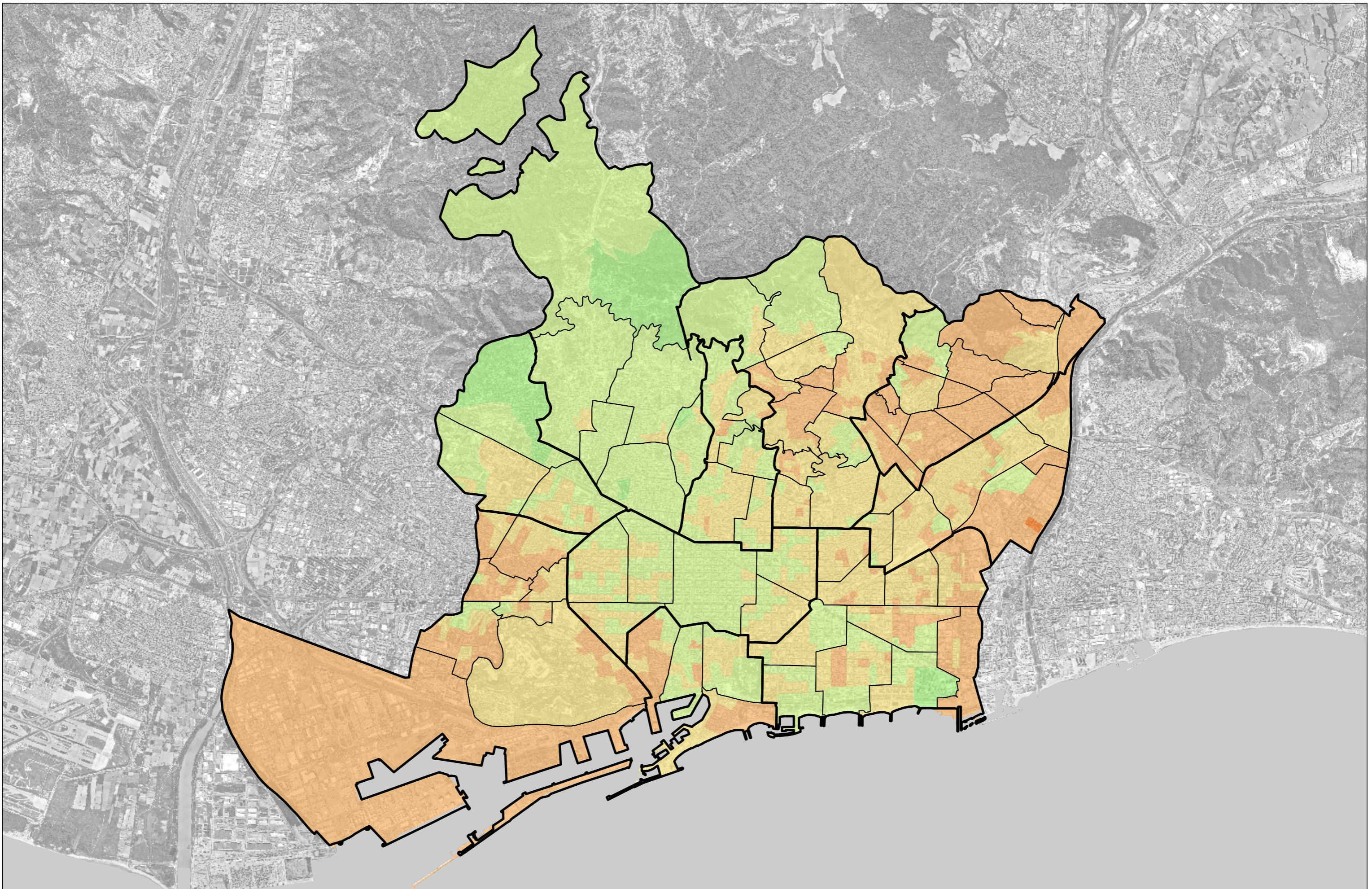
Mapes

1. Onada de calor del juliol del 2015
2. Onada de calor de l'agost del 2012
3. Vulnerabilitat global a les onades de calor
4. Efectes de l'onada de calor del 2015 tenint en compte la vulnerabilitat
5. Equipaments sensibles
6. Equipaments i parcs refugis

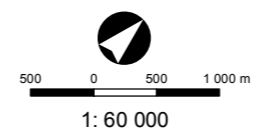






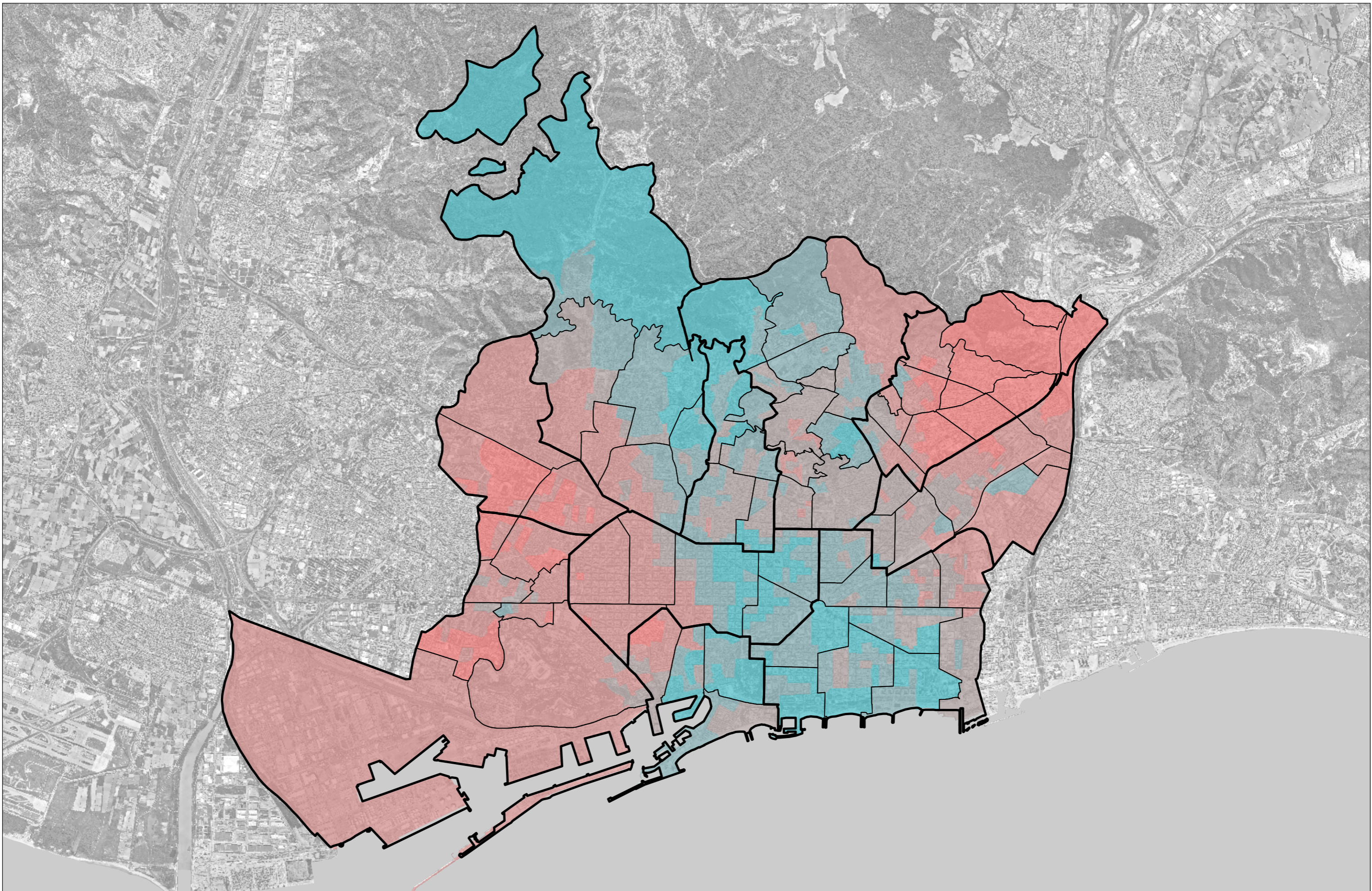


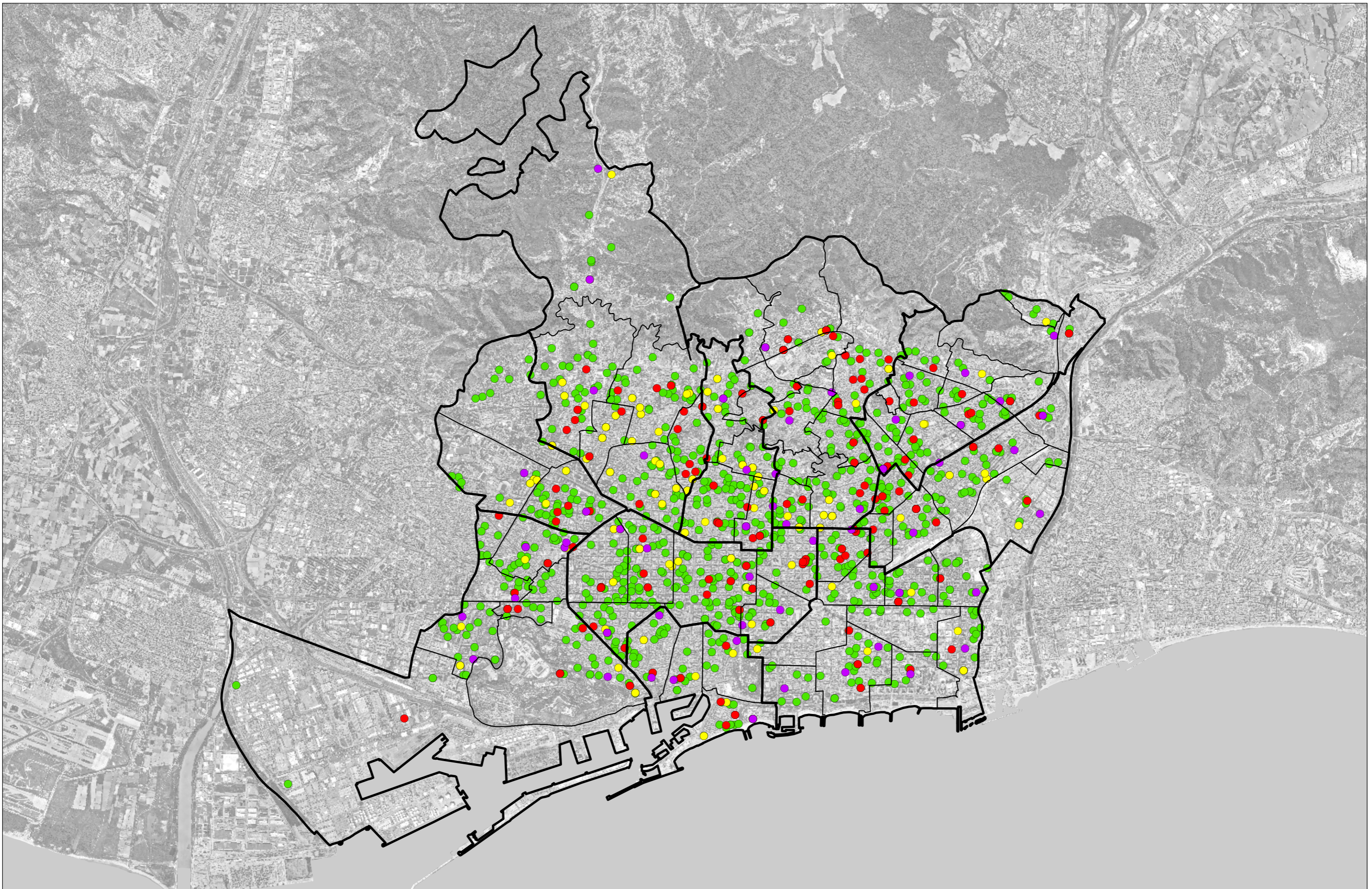
Vulnerabilitat global
 Per sota
 Mitjana Barcelona
 Per sobre



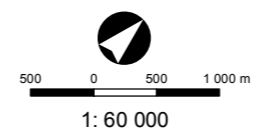
ESTUDI DELS IMPACTES DEL CANVI CLIMÀTIC A BARCELONA
 Capítol II. Onades de Calor
 2017

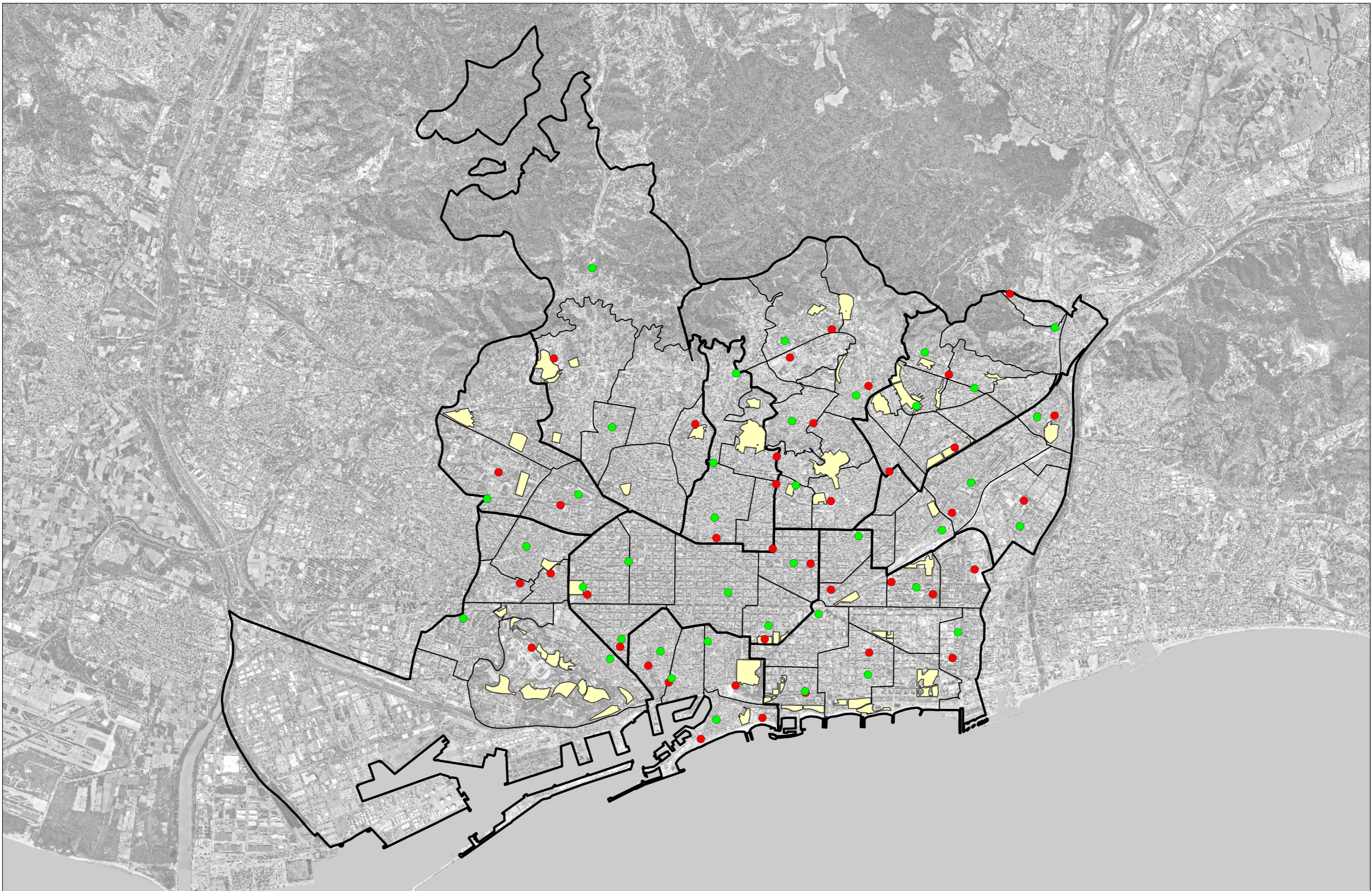
Vulnerabilitat global a les onades de calor





- Equipaments sensibles per TISU**
- TISU - Nivell Atenció
 - TISU - Recusos Estratègics
 - TISU - Concentració de Persones
 - TISU - Dependència





Equipaments refugi

- Centres esportius municipals
- Biblioteques

 Parcs refugi

