

ILLA DE CALOR

EFACTES DEL CANVI CLIMÀTIC A L'ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA

Quan l'amplada del carrer, l'alçada dels edificis i la impermeabilització del sòl afecten la temperatura a la ciutat

ESTUDI:

L'illa de calor a l'àrea metropolitana de Barcelona i l'adaptació
al canvi climàtic

Javier Martín-Vide

Víctor M. Artola, M. José Cordobilla i M. Carmen Moreno

Grup de Climatologia (Universitat de Barcelona)

Marc Montlleó

Barcelona Regional

Treball encarregat per:

Direcció de Serveis Ambientals de l'AMB

El present document consisteix en una recopilació dels resums dels vuit estudis que s'han elaborat en el marc de l'Observatori Metropolità del Canvi Climàtic de l'AMB (METROBS) al llarg del 2014 i 2015. Els resums s'han redactat a partir dels esmentats estudis, però la seva presentació, organització i, en alguns casos, informació final, no coincideix exactament amb els estudis originals ni amb els documents de síntesi facilitats per alguns dels autors. L'objectiu final d'aquesta publicació és difondre aquests estudis de gran caràcter tècnic i valor científic entre els tècnics de les administracions i la ciutadania.

Autors dels l'estudis:

1. Temperatura

V. Altava-Ortiz, A. Barrera-Escoda, J. Amaro, J. Cunillera, M. Prohom i A. Sairouni
Servei Meteorològic de Catalunya (SMC).

2. Aigua

Josep Mas-Pla i Anna Menció Domingo
Institut Català de Recerca de l'Aigua i Grup de Recerca GAiA - Geocamb, Universitat de Girona.

3. Litoral

A. Sánchez-Arcilla, V. Gracia i J.P. Sierra
Laboratori d'Enginyeria Marítima (Universitat Politècnica de Catalunya).
Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners.

4. Illa de calor

Javier Martín-Vide, Víctor M. Artola, M. José Cordobilla, M. Carmen Moreno
(Grup de Climatologia, Universitat de Barcelona)
Marc Montlleó
(Barcelona Regional).

5. Verd urbà

R. Savé i C. Biel
Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA).

6. Edificació

Fundació Empresa & Clima (FEC). Amb la col·laboració de: BioQuat - Consultoria Energètica i Mediambiental, SL.

7. Inundacions

M. C. Llasat, M. Cortès, Li. Falcón, J. Gilabert, M. Llasat-Botija, R. Marcos, J.P. Martín Vide i M. Turco
Grup GAMA. Departament d'Astronomia i Meteorologia (Universitat de Barcelona).

8. Economia

Amelia Díaz, Belén Noguera i Miquel Salgot
Institut de Recerca de l'Aigua (IdRA). Universitat de Barcelona.

El text original de tots els estudis es pot consultar a: www.amb.cat

Direcció:

Ana Romero Càlix,
Direcció de Serveis Ambientals. Àrea Metropolitana de Barcelona.

Redacció dels resums i coordinació:

Ana Villagordo

Disseny i maquetació:

La PAGE original

Correcció lingüística:

L'Apòstrof

Desembre 2016

L'àrea metropolitana de Barcelona: un territori vulnerable al canvi climàtic

L'administració que gestiona el territori metropolità, l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), integra 36 municipis amb una superfície total de 636 km² i una població de 3,3 milions d'habitants. Com altres regions del món, i especialment les mediterrànies, aquest territori està clarament afectat per les conseqüències del canvi climàtic, que tenen i tindran efectes sobre les persones a mitjà i llarg termini. Aquesta àrea, situada a l'entorn dels rius Besòs i Llobregat, la Serralada Litoral i el Mar Mediterrani, ja està patint els efectes del canvi climàtic, però com ho està fent? Quins són els vectors ambientals que més es veuran afectats i com? Com afectarà l'ecosistema i els seus ciutadans? Tota aquesta informació no s'havia treballat fins ara de manera conjunta i coordinada, i per tant no es comptava amb suficients *inputs* que alertessin o no sobre la vulnerabilitat de l'àrea metropolitana de Barcelona davant d'un fenomen tan global però amb efectes tan locals com és el canvi climàtic.

Un observatori metropolità del canvi climàtic (METROBS) per apropar el coneixement científic a la ciutadania en el marc de la planificació sostenibilista de l'AMB

En el marc del Pla de sostenibilitat de l'AMB 2014-2020 (PSAMB) i en les diferents iniciatives que l'AMB ha subscrit en matèria climàtica (estratègies de mitigació i Pla d'adaptació, Pacte d'alcaldes i alcaldesses per l'energia i el clima, etc.), destaca la mateixa Declaració pel clima de l'AMB, que potencia i amplia els seus compromisos amb l'objectiu de reduir el 40% de les emissions de CO₂ el 2030 i la transició cap a un nou sistema energètic, a més de vetllar per la resiliència del territori.

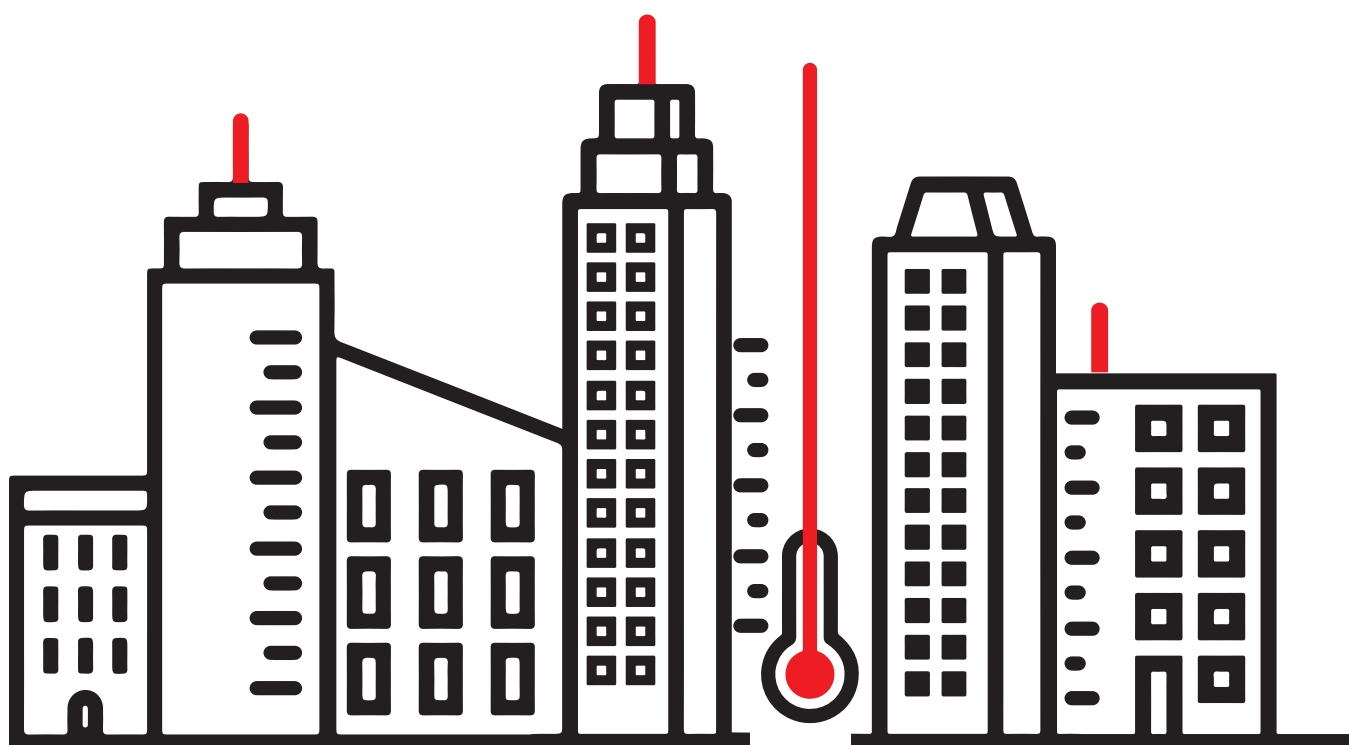
El 2014 es va constituir l'Observatori Metropolità del Canvi Climàtic de l'AMB (METROBS), que sorgeix d'un conveni de col·laboració entre el Grup d'Experts en Canvi Climàtic de Catalunya (GECCC) i l'AMB i s'inclou dins el PSAMB. Aquest Observatori té com a principal objectiu ser una eina de govern transparent i de transferència de coneixement de les accions que es duen a terme en matèria de mitigació i adaptació al canvi climàtic i pretén ser un referent per a altres ciutats i àrees metropolitanes. És a dir, pretén vehicular la transferència d'informació i coneixement entre el món tècnic i la ciutadania.

Els primers 8 estudis impulsats des del METROBS en el període 2014-2016

Entre els anys 2014 i 2016 el METROBS ha generat 8 estudis d'experts en cadascuna de les matèries que es presentaran, per avaluar com el canvi climàtic afecta aquesta àrea urbana i com s'hi poden establir mesures d'adaptació. I ho ha fet en àmbits com la meteorologia, el cicle de l'aigua, el litoral, l'efecte illa de calor, el verd urbà, l'energia i el sector residencial, l'evolució de les inundacions en aquest territori i els aspectes més legals i econòmics relacionats amb el canvi climàtic.

El present document consisteix en una recopilació dels aspectes més destacables de l'estudi sobre el fenomen d'illa de calor a l'àrea metropolitana de Barcelona, elaborat pel Grup de Climatologia (Universitat de Barcelona) i Barcelona Regional. A l'estudi específic, que es pot trobar a la [pàgina web de l'AMB](#), es pot trobar informació detallada de la metodologia, les fonts i els resultats concrets de cada recerca.

Aquest estudi té com a objectiu caracteritzar l'estructura horitzontal de les illes de calor de l'àrea metropolitana de Barcelona, i permet vincular les intensitats i configuracions espacials a les situacions atmosfèriques, amb l'objectiu de desenvolupar accions adequades i concretes d'adaptació. A partir de la realització de 4 transectes principals a més de 10 de municipis concrets (un total de 314 punts de mesura i una longitud de 162 km), s'han pogut construir perfils tèrmics i mapes d'isotermes. La informació analitzada s'ha complementat amb una avaluació del *Sky View Factor* (SVF) metropolità o factor de visió del cel, el qual té una influència inversa amb l'efecte illa de calor. També s'ha tingut en compte com parcs, jardins i zones amb aigua i rieres, rius o el mar atenuen l'increment de la temperatura associat a l'efecte d'illa de calor.



L'EFECTE ILLA DE CALOR: COM UN MICROCLIMA URBÀ POT MODIFICAR LA TEMPERATURA AMBIENT

El fenomen de l'illa de calor consisteix en l'efecte de les ciutats de produir un escalfament que dona lloc a unes temperatures nocturnes superiors en relació amb les zones periurbanes i rurals.



La suma dels efectes del canvi climàtic al fenomen d'illa de calor fa preveure un increment de les temperatures a les ciutats força considerable en els propers anys. A més, ambdós efectes es retroalimenten: un increment de la concentració de CO_2 a l'atmosfera condueix a un increment de les temperatures, de manera que es potencien encara més els efectes de l'illa de calor de les ciutats.

El microclima urbà o illa de calor (el seu efecte principal) és un tipus de microclima que es dona amb qualsevol tipus de clima, com a conseqüència directa de la urbanització d'un territori. Un dels objectius principals de la majoria d'estudis sobre l'illa de calor urbana consisteix a establir la seva intensitat en determinades nits o, fins i tot, si el nombre d'observacions és suficientment representatiu, la seva intensitat màxima i mitjana. **La intensitat de l'illa de calor és la diferència de temperatura entre el sector més càlid de la ciutat i l'espai no urbà que l'envolta en un moment determinat.**

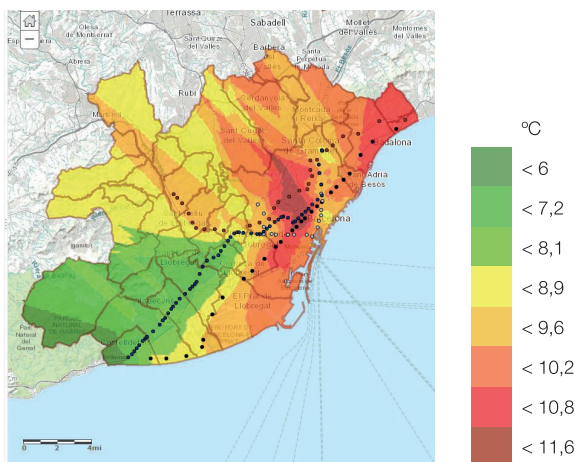
L'efecte illa de calor es produeix per una suma de factors: els materials urbans emprats en edificis i pavimentacions retenen l'escalfor solar més eficaçment que la vegetació natural. Les activitats humanes (indústries, vehicles, calefaccions...), a més, generen calor. Finalment, una part de l'energia emprada als espais naturals per evaporar la humitat queda disponible en el medi urbà, ja que molta aigua de pluja se'n va ràpidament per les clavegueres. La llista de factors que produeixen l'illa de calor són:

- Un increment en l'emmagatzemament de calor durant el dia per l'alta capacitat calorífica dels materials de construcció.
- La producció de calor antropogènica.
- La disminució de l'evapotranspiració per la pavimentació i l'eficàcia dels sistemes de drenatge.
- Una pèrdua de la calor sensible més petita, per la reducció de la velocitat del vent.
- L'augment de l'absorció de radiació solar per la seva "captura" per causa de la geometria urbana.
- La disminució de la irradiació nocturna per un baix *Sky View Factor* (SVF), que consisteix en la part de cel que veiem des de l'obertura del carrer. Si en veiem molt, vol dir que el SVF és alt i per tant la calor pot escapar, i a l'inrevés. Es pot trobar informació més concreta a la pàgina 10 del present resum.

- La reemissió cap a la superfície de radiació d'ona llarga per l'atmosfera contaminada (efecte hivernacle).

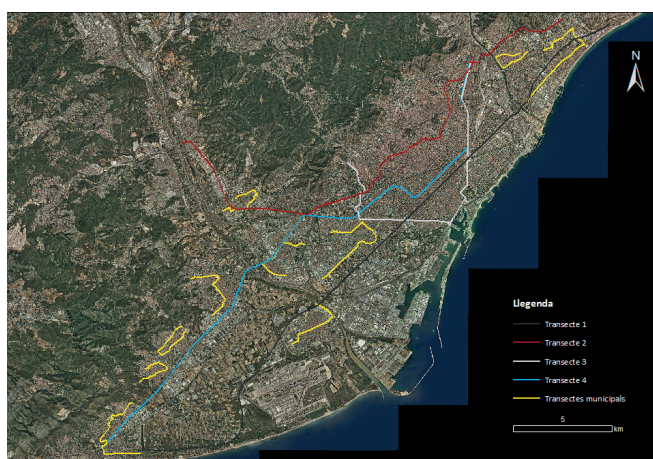
En el cas del present estudi s'ha escollit **com a punt urbà l'observatori oficial de primer ordre de l'Agència Estatal de Meteorologia de Barcelona, situat a la Vila Olímpica, i com a punt no urbà, l'observatori de la mateixa institució ubicat a l'aeroport de Barcelona, a una altitud similar i una distància del mar semblant**. Tot i que l'aeroport de Barcelona no s'ubica en un àmbit rural, ja que aquest tipus d'ambient és escàs a l'àrea metropolitana de Barcelona, on el que més abunden són espais periurbans i rururbans, més que rurals, s'ha considerat que l'aeroport funciona com a punt no urbà ja que consisteix en un ambient molt obert. El seu SVF és molt elevat, i en conseqüència amb un refredament nocturn marcat, que contrasta amb els centres de les ciutats del territori metropolità.

Configuració de l'illa de calor a Barcelona i la seva àrea metropolitana. (17/01/2015)



En conjunt s'han dut a terme 4 transectes principals, més 10 de municipals, que contenen 314 punts de mesura i una longitud total de 161,56 km, que han permès construir, després de recórrer-los en nits diferents, un banc de dades de 1.283 valors tèrmics.

Transectes estudiats al llarg del territori metropolità. El transecte 1 creua la ciutat de Barcelona, de sud-oest a nord-est.



D'altra banda, s'ha volgut també comprovar l'efecte "refrescant" que introdueixen els parcs urbans a les ciutats. Amb aquesta finalitat es van fer alguns mesuraments en dos dels parcs més importants de Barcelona: el parc de la Ciutadella i el Turó Parc.

EL VERD URBÀ I L'AIGUA MINIMITZEN L'EFECTE D'ILLA DE CALOR

Els parcs urbans i els cursos fluvials o superfícies d'aigua ofereixen un efecte refrescant dins el domini de l'illa de calor de les grans ciutats. La continuïtat urbana pot generar un efecte d'illa de calor que se suma amb una temperatura més elevada al llarg de més superfície. En canvi, en espais urbans propers a corrents d'aigua, l'efecte és contrari. S'acumula la baixada de temperatures associada a l'efecte contrari a l'illa de calor.

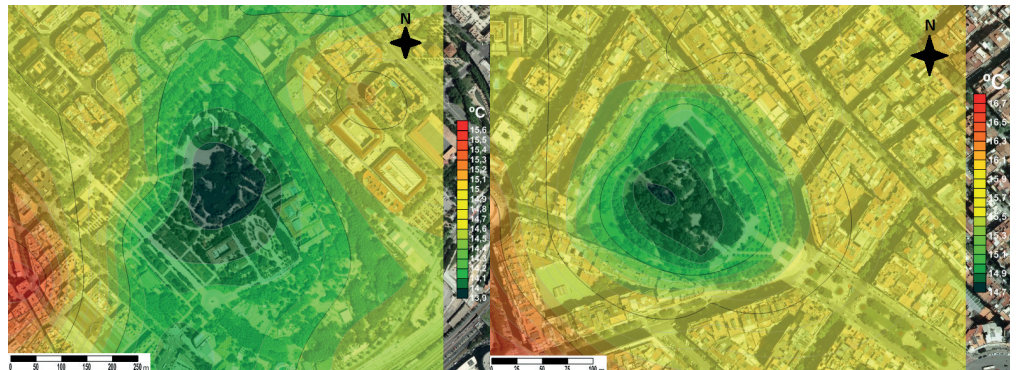
Per al present projecte, concretament a la ciutat de Barcelona, s'han pres a peu mesures de temperatura en dos parcs: el Turó Park i el parc de la Ciutadella, en dues nits amb condicions meteorològiques favorables per a l'existència d'illa de calor. En els dos casos s'observa clarament aquest efecte.

En el cas del Turó Park, la tarda del 10 de març de 2015, a les 19.35 (UTC), en tot just poc més de 100 metres la temperatura va disminuir aproximadament 2 °C. Al parc de la Ciutadella, la nit del 18 de març de 2015, a les 21.05 (UTC), la disminució de la temperatura va ser també propera als 2 °C en tot just uns centenars de metres. En tots dos casos el punt més fred es va trobar al sector central del parc, a les proximitats de l'estany. A les figures següents s'aprecia que la configuració d'aquestes illes de frescor és concèntrica en els dos casos, amb disminució de la temperatura des de la part exterior urbanitzada als punts més interiors dels parcs.

En el cas del Prat de Llobregat el contrast tèrmic entre els camps de cultiu dels voltants de la ciutat i, de vegades, la llera del riu Llobregat, i el nucli urbanitzat és molt nítid, amb una diferència de fins a 5 °C en un dels recorreguts realitzats.

Un altre clar exemple de la influència que tenen els cursos fluvials passa a Sant Boi de Llobregat, on la temperatura mínima es dona al final del transecte recorregut, coincidint amb una zona residencial de baixa densitat prop del curs de la riera de Can Pinyol, on en tot just uns centenars de metres la temperatura disminueix diversos graus centígrads. També cal destacar, en aquest municipi, l'efecte refrescant del parc de la Muntanyeta.

Figura: Mapes d'isotermes del parc de la Ciutadella (esquerra) i del Turó Park (dreta), i les seves proximitats.



En nuclis urbans molt propers, conurbats, les respectives illes de calor poden entrar en coalescència i unir-se per crear un altiplà extens de temperatures relativament elevades, tal com passa en el cas de les ciutats de Badalona i Santa Coloma de Gramenet. Tan sols els diferents parcs urbans de Badalona, especialment el de Montigalà, redueixen els valors tèrmics, així com el parc fluvial del riu Besòs i el mateix llit.

En altres casos, interaccionen dos elements diferents, el curs fluvial d'un riu com el Llobregat amb un parc urbà com el del parc de les Aigües, a Cornellà de Llobregat, el que produeix és un clar efecte de temperatures baixes en aquesta part de la ciutat.



i Els factors meteorològics que més influeixen en la intensitat de l'illa de calor són la nuvolositat i el vent. Les nits amb una intensitat de l'illa de calor més gran van tenir cel serè o amb molt poca nuvolositat. La correlació entre la velocitat del vent, expressada en km/h i la intensitat de l'illa de calor resulta significativa al 95 %. A més velocitat del vent, menys intensitat de l'illa de calor. Relació que esdevé previsible i normal, atès que el vent escombra l'illa de calor. En conseqüència, les nits amb condicions d'estabilitat atmosfèrica solen tenir illes de calor remarcables.

L'EFECTE ILLA DE CALOR A LES CIUTATS METROPOLITANES

La magnitud poblacional de l'àrea metropolitana de Barcelona, així com els resultats trobats en Moreno Garcia (1993) i els del present projecte, permeten proposar la classificació següent sobre la intensitat de l'illa de calor de Barcelona:



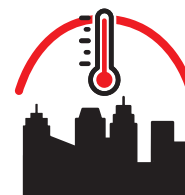
illa de calor dèbil
(intensitat més petita que 2,5 °C)



illa de calor moderada
(intensitat més gran o igual que 2,5 °C i més petita que 5,0 °C)



illa de calor intensa
(intensitat més gran o igual que 5 °C i més petita que 7,5 °C)



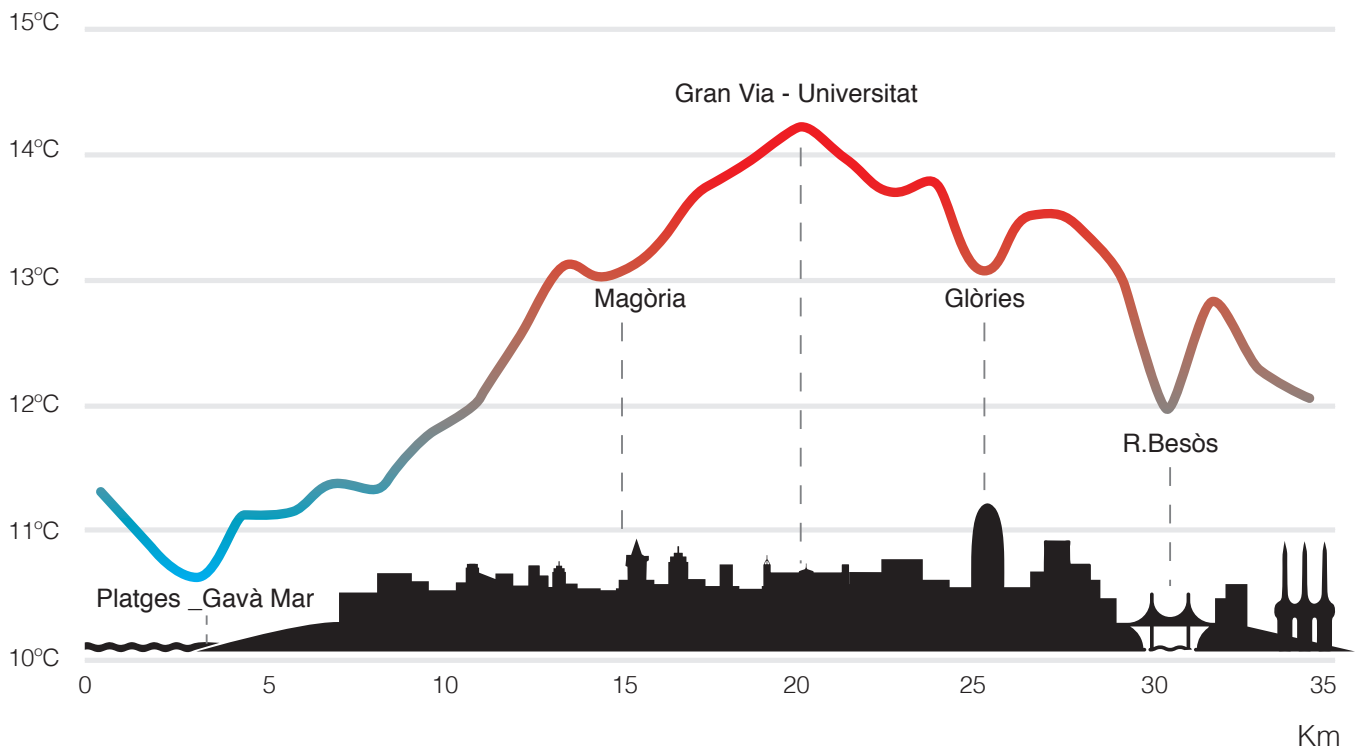
illa de calor molt intensa
(intensitat més gran o igual que 7,5 °C)

D'aquesta manera, de les 20 nits estudiades a partir del transecte transversal (que correspon a la figura de la pàgina 6, que creua tota la ciutat de Barcelona), 2 van tenir una illa de calor dèbil; 11, moderada; 6, intensa, i 1, molt intensa.



Aquest transecte es caracteritza per creuar els nuclis urbans de diversos municipis, i queden reflectides al seu perfil tèrmic les illes de calor de cada un d'aquests municipis, així com l'efecte de canal fred del riu Llobregat i d'alguns parc urbà. També permet intuir la magnitud relativa de les illes de calor dels municipis esmentats del Baix Llobregat respecte a la de Barcelona, on la temperatura més alta queda almenys 2 °C per sobre de la resta.

Perfil tèrmic mitjà, a partir de 20 nits, del transecte transversal en relació al skyline aproximat.



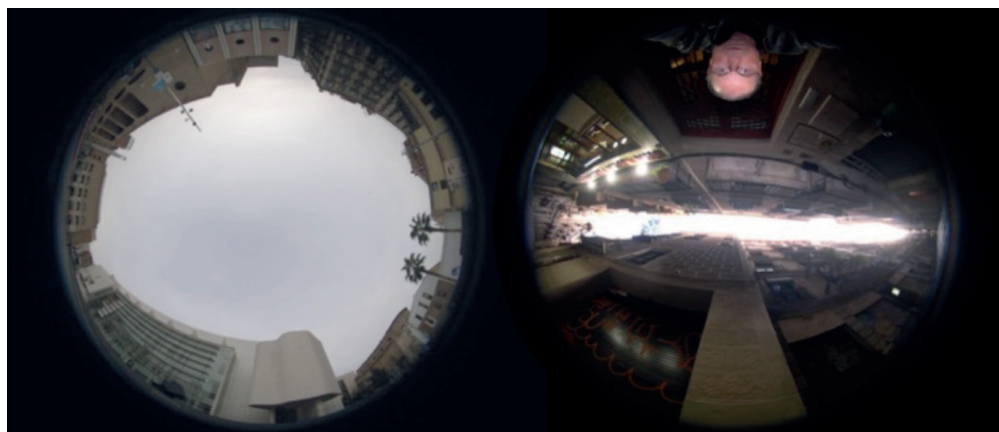
EL FACTOR DE VISIÓ DEL CEL, UN INDICADOR DE L'EFECTE ILLA DE CALOR

Entre les 7 causes que generen les illes de calor, la reducció del factor de visió del cel, o SVF, a les àrees urbanes n'és una. Els valors del SVF varien entre 0 (cel no visible per causa d'obstacles que n'impedeixen la visió) i 100 % (cel visible en tota la seva extensió, perquè no hi ha obstacles sobre l'horitzó). En el càlcul es té en compte l'alçada mitjana dels edificis del canó urbà i l'amplada del carrer. En l'elaboració d'aquest estudi s'ha dissenyat un [visor](#) per visualitzar els valors de l'àrea metropolitana de Barcelona a una resolució alta.

i Un dels indicadors de l'efecte illa de calor és la quantitat de cel que es pot veure quan estem al punt d'observació corresponent (un carrer, una teulada, un espai obert natural o artificial, etc.) i mirem al cel. D'això se'n diu *Sky View Factor* (SVF). En general, la topografia urbana redueix el SVF dels carrers i vies urbanes, mesurat des de les calçades i voreres. L'emissió de radiació d'ona llarga des d'aquests punts cap a l'atmosfera i el cel es veu obstaculitzada per les façanes i les teulades dels edificis, de manera que es redueix el refredament nocturn de carrers i avingudes.

Aquestes fotografies estan captades amb càmera d'ull de peix a la plaça del MACBA (al sector central, prop de Montalegre). En aquest cas, el valor de factor de visió del cel és alt i, per tant, se suposen nits menys caloroses que en el cas del carrer Petritxol (fotografia següent) on pràcticament no es veu el cel i per tant la radiació d'ona llarga queda obstaculitzada pels edificis, de manera que s'esdevenen nits més caloroses.

Font: fotografies fetes per J.Martín Vide.



S'EVIDENCIA UN EFECTE D'ILLA DE CALOR IMPORTANT A BARCELONA I, EN MENOR ESCALA, A LA SEVA ÀREA METROPOLITANA.

1 En més del 90% de les nits hi ha illa de calor a Barcelona. La seva intensitat mitjana és de quasi 2 °C (1,7 °C entre Barcelona-Vila Olímpica i l'aeroport; 1,9 °C entre Barcelona-Raval i l'aeroport). La diferència més alta ha estat de 7,5 °C.

2 Tot i que la intensitat d'illa de calor més elevada es dona a Barcelona, s'observen "illots de calor" (efecte illa de calor en menor escala) a tots els municipis de l'àrea metropolitana de Barcelona estudiats (Sant Boi, Viladecans-Gavà, Castelldefels, l'Hospitalet de Llobregat, Badalona, etc.).

3 Es visualitza que l'efecte illa de calor a l'àrea metropolitana de Barcelona és més intens i freqüent a l'hivern seguit de la tardor. A partir d'octubre és quan s'inicia el període de les illes de calor més freqüents i intenses, que arribaria fins al març.

4 Resulta evident l'efecte esmorteïdor de l'illa de calor del verd urbà i de les superfícies d'aigua a les grans àrees urbanes.

5 El perfil tèrmic mitjà de l'illa de calor de Barcelona té forma de pic. Tot i això en un 40% dels recorreguts es va observar un "replà tèrmic" (distància llarga en un transecte amb una temperatura quasi constant, atesa l'homogeneïtat física de l'Eixample).

6 A més velocitat del vent, menys intensitat de l'illa de calor (escombratge).

