



Riscos meteorològics i canvi climàtic

Javier Martín-Vide 

Universitat de Barcelona

Resum: La Terra alberga ja a més de 7.800 milions d'humans, amb un consum de recursos ingent. Al sistema climàtic, amb els seus cinc components naturals, pot afegir-se-li ja un sisè, el nostre propi sistema socioeconòmic, que produeix impactes d'escala planetària, sent el més visible l'escalfament global. El seu origen antròpic és virtualment cert per a la ciència. En un món progressivament més càlid augmenta la freqüència, la intensitat i la durada dels riscos climàtics, en particular, en l'àmbit mediterrani, les sequeres i les onades de calor. A més, apareixen nous riscos, com les illes de calor urbanes, antany considerades un fenomen curiós, i avui amb una clara incidència en la salut pública per l'excés de calor nocturna que produeixen sobre els habitants del centre de les ciutats. En particular, augmenta la morbiditat i la mortalitat de la gent gran o amb malalties cròniques, sobretot si estan en condicions de pobresa energètica. Les illes de calor de Barcelona i Mataró assoleixen intensitats, o diferències de temperatura entre el centre i la perifèria, que no és rar que sobrepassin els 4°C i més.

Summary: METEOROLOGICAL RISKS AND CLIMATE CHANGE. – The Earth is already home to more than 7,800 million humans, with a huge consumption of resources. To the climate system, with its five natural components, we can now add a sixth, our own socioeconomic system, which produces impacts on a planetary scale, the most visible being global warming. Its anthropic origin is virtually undisputed by scientists. In a progressively warmer world, the frequency, intensity and duration of climate risks are leading to a particular increase in droughts and heat waves in the Mediterranean area. In addition, new risks such as urban heat islands are appearing. These were once considered an unusual phenomenon, but high night-time temperatures in city centres now have a clear impact on public health. This phenomenon affects in particular the morbidity and mortality of the elderly or people with chronic diseases, especially if they suffer from energy poverty. The heat islands of Barcelona and Mataró often reach intensities (differences in temperature between the centre and the periphery) greater than 4°C.

Introducció

El planeta Terra, com a sistema finit, presenta uns límits físics. La seva circumferència mesura poc més de 40.000 km, distància que cadascú de nosaltres ha anat assolint diverses vegades, en acumular les distàncies dels nostres desplaçaments. El planeta, d'aquesta manera, se'ns ha fet petit. I en aquest planeta vivim avui més de 7.800 milions d'habitants, cada dia consumint una quantitat enorme de recursos i generant un volum immens de residus. No cal ser un savi per sospitar que algun impacte a escala global li estem produint. Com a dada de referència, el repartiment dels humans entre la superfície emergida dona una densitat de població de 53 hab km⁻².

Un indicador molt expressiu de la petjada humana en el sistema natural és l'anomenat «dia de la sobrecapacitat del planeta» o «dia del deute ecològic» (*Earth Overshoot Day*), és a dir, el dia del calendari de cada any al qual la humanitat ja ha

esgotat els recursos i serveis ecosistèmics que el planeta ens ofereix en un any. L'any 2022 ha sigut el 28 de juliol. Dit d'una altra manera, necessitem ja 1,7 Terres, aproximadament. Això vol dir que estem produint un deute ecològic per als nostres descendents.

El canvi climàtic no és una simple qüestió ambiental, sinó que és un problema econòmic, de model econòmic i energètic, social, d'equitat i justícia social, i, fins i tot, de salut. Ja al 2009 la mateixa revista *The Lancet* va dir que el canvi climàtic era l'amenaça de la salut global més gran al segle XXI (UCL Lancet Commission, 2009).

Als cinc components naturals del sistema climàtic (atmosfera, hidrosfera –bàsicament l'oceà–, superfície emergida, biosfera i criosfera) es pot afegir una sisena, el sistema socioeconòmic (Martín Vide, 2008), capaç, ja des de fa anys, d'impactar en la resta dels components a una escala global. Entre els components naturals, l'oceà té un paper cabdal en l'escalfament global, per la seva

Taula 1. Escalles temporals dels canvis més destacats en el sistema climàtic. IPCC (2021).

Variable o fenomen	Variació
Concentració de CO ₂	La més alta en almenys 2 milions d'anys
Elevació del nivell marí	La més ràpida en almenys 3.000 anys
Superfície del gel marí de l'Àrtic	La més baixa en almenys mil anys
Retrocés de les glaceres	Sense precedents en almenys 2.000 anys

inèrcia tèrmica. Això fa que no es pugui canviar ràpidament la tendència creixent de la temperatura global de l'aigua, ni de l'aire, la qual cosa, entre d'altres, avala la declaració d'emergència climàtica. I tota emergència obliga a l'acció urgent. No és casual que, entre els disset Objectius del Desenvolupament Sostenible (ODS), un d'ells, el 13, es formuli com «Acció pel clima».

L'evolució recent del clima a partir del Sisè IPCC i d'altres informes

A partir del Sisè IPCC, l'escalfament global de l'últim decenni (2011-2020) s'estima en 1,1°C per sobre de la mitjana del període de referència 1850-1900 (IPCC, 2021). Altres canvis observats, a conseqüència directa de l'escalfament global, són (IPCC, 2021): 1) una disminució de la superfície de gel marí de l'Àrtic, d'aproximadament un 40% al setembre, entre 1979-1988 i 2010-2019; i 2) un augment del nivell marí entre 2006 i 2018 de 3,7 mm/any. Aquest augment es produeix per la fusió del gel continental i per l'augment de volum de l'oceà per la pèrdua de densitat en tenir aigües progressivament més calentes.

Cal dir que l'escala dels canvis recents en el sistema climàtic no tenen precedents en molts segles o milers d'anys (taula 1).

L'escalfament a la conca de la Mediterrània ha sigut paral·lel al planetari, però amb una taxa d'augment més alta: 1,4°C (Cramer *et al.*, 2018). Per aquest fet, la conca de la Mediterrània és considerada un *hot spot*, sense ser la regió amb un increment tèrmic més acusat, que correspon a la conca de l'Àrtic. En el cas de Catalunya al llarg del període 1950-2020 la pujada ha estat de 1,8°C (SMC, 2021). Amb dades de l'Observatori Fabra de Barcelona, entre 1914 i 2020 la temperatura mitjana anual ha pujat un xic més de 2°C (Martín-Vide, 2021). En tots els casos, l'augment de temperatura és estadísticament significatiu.

La temperatura de l'aigua del mar a la costa catalana dona un senyal molt clar de la magnitud de l'escalfament, atès la inèrcia tèrmica de l'aigua. Amb dades de l'Estartit del període 1974-2020, la temperatura mitjana anual de les aigües someres ha passat de menys de 16,5°C, abans de 1981, a més de 17,5°C després de 2013, aproximadament 1,5°C d'increment. L'escalfament és també estadísticament significatiu, fins i tot a una fondària de 80 m. (dades subministrades per Josep Pascual).

En resum, ja no es pot discutir l'existència del canvi climàtic, ni tampoc la seva causa antròpica. El nivell de certesa d'aquesta ha pujat al Sisè IPCC fins al 99,9% (IPCC, 2021) (taula 2).

Taula 2. Nivell de confiança de la causa antròpica en l'escalfament global segons els últims IPCC. Font: Elaboració pròpia a partir dels IPCC.

IPCC	Nivell de confiança estadístic	
3er IPCC (2001)	66%	Probable
4rt IPCC (2007)	90%	Molt probable
5è IPCC (2013)	95%	Summament probable
6è IPCC (2021)	99,9%	Virtualment cert

Com és sabut, l'escalfament és conseqüència de l'augment de la concentració dels gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera, per causa d'activitats antròpiques, molt destacadament de la crema de combustibles fòssils. La concentració de CO₂ a l'agost de 2022 havia assolit les 417,2 ppm (<https://www.co2.earth/>), quan a l'inici de la sèrie instrumental, a mitjans del segle XX, era de 315 ppm.

Els riscos meteorològics/climàtics en un món més càlid

Els episodis meteorològics extrems, com ara onades de calor i de fred, sequeres, precipitacions torrencials, etc., no tenen a veure amb el canvi climàtic. Sempre s'han donat, atès que el clima, com a resum o sèrie llarga de temps meteorològics, es compon de molts valors propers a la mitjana i d'alguns allunyats d'ella, extrems, a les cues de la seva distribució de freqüències. Però ja es pot afirmar que molts d'ells, en especial les onades de calor, són més freqüents, més intensos i més duradors (IPCC, 2021), la qual cosa es pot vincular amb el canvi climàtic (taula 3).

D'altra banda, a escala mundial els efectes negatius, quant a víctimes humanes i pèrdues materials, dels desastres causats pel temps, el clima i pels episodis hídrics extrems assoleixen valors impactants. Les mitjanes diàries en 50 anys (1970-2019) són: 115 morts i 202 milions de dòlars de pèrdues econòmiques (WMO, 2021). De totes

Taula 3. Caràcter actual d'alguns episodis meteorològics i afins extrems respecte les dècades passades. Font: IPCC (2021).

Calor extrem	Més freqüent Més intens
Pluja torrencial	Més freqüent Més intensa
Sequera	Augment en algunes regions
Incendis forestals	Més freqüents
Impactes a l'oceà	Escalfament Acidificació Pèrdua d'oxigen

Taula 4. Set afirmacions sobre els riscos naturals. Fonts: Martín Vide (2021), Beck (2002), Olcina (2009) y Cramer *et al.* (2018).

Afirmació	Autor
L'ocultació del risc l'augmenta	Ulrich Beck
La definició o valoració incorrecta del risc l'augmenta	Martín Vide
El desconeixement geogràfic augmenta el risc	Martín Vide
El repartiment dels riscos agreuja els processos de desigualtat social	Diversos autors
A les ciutats es concentren els riscos	Martín Vide
Espanya és un territori de risc	Jorge Olcina
Els riscos del canvi climàtic al Mediterrani han estat subestimats	Wolfgang Cramer <i>et al.</i>

maneres, cal afegir que els importants avenços a tot el món dels sistemes d'alerta primerenca han reduït les morts causades pel temps, el clima i els episodis hídrics extrems (IPCC, 2012). D'aquestes morts el 91% va tenir lloc a països en vies de desenvolupament (WMO, 2021). També el canvi climàtic, com a gran risc, té una afectació desigual: són els països i la gent més pobres els que més pateixen les seves conseqüències negatives.

Amb un enfocament integral, el risc –el *risk* en anglès– és funció no només del perill o risc de la natura –el *hazard* en anglès–, sigui una onada de calor, una tempesta forta, etc., sinó també de la vulnerabilitat de la població i de l'exposició del territori:

$$\text{Risc} = f(\text{perill, vulnerabilitat, exposició})$$

Es parla al respecte del triangle del risc.

Resulta evident, com a exemple, que un diluvi de 200 mm en un dia és un perill més gran que un xàfec de 50 mm, però el risc final dependrà molt de la vulnerabilitat de la població sobre la que descarregui la precipitació, si està ben preparada, disposa d'infraestructures adequades i de serveis de protecció civil, etc., o no. Una població pobre, inculta i amb uns serveis públics deficients és molt més vulnerable, és a dir, susceptible al dany, que una de rica, ben instruïda i amb serveis i infraestructures dimensionades adequadament. D'altra banda, hi ha territoris exposats a un determinat perill i altres no. En el cas d'Espanya els marges fluvials, per exemple, a vegades ocupats per edificacions i vies de comunicació, estan altament exposats a les inundacions.

Set afirmacions que es poden considerar en parlar de riscos climàtics, i atenent a la vulnerabilitat i l'exposició, amb referències a Espanya i a la conca del Mediterrani, es recullen a la taula 4.

L'afirmació «l'ocultació del risc l'augmenta» del gran sociòleg alemany Ulrich Beck (Beck, 2002) compta amb nombrosos exemples, molts tràgics, que l'avalen. Per exemple, l'arribada del cicló tropical Nargis en 2008 a Myanmar va ser ocultada deliberadament pel règim de l'antiga Birmània, la qual cosa va provocar una terrible catàstrofe, amb prop de 140.000 víctimes entre morts i desapareguts.

Cal definir i valorar correctament un risc per tal d'evitar els seus potencials danys. Si no és així, la nostra vulnerabilitat augmenta. Això planteja, col·lateralment, el debat, gens trivial, de fins a on arri-

bar amb l'establiment d'alertes pels diferents riscos meteorològics. Els psicòlegs mostren que un excés d'alertes produeix l'efecte contrari al desitjat d'autoprotecció de l'individu. Sovint fa baixar la guàrdia entre els ciutadans. El responsable de la predicció del temps en un servei meteorològic, per exemple, tendeix a establir un nivell d'alerta alt, en cas de dubte, per a cobrir tota possibilitat d'ocurrència del fenomen nociu i, al temps, emparar la seva responsabilitat civil o de la institució.

Des de la Geografia sabem que el desconeixement geogràfic augmenta el risc. Els exemples sobre aquest tema són innumbrables, des dels freqüents accidents de muntanya, exclosos els produïts per la imprudència, fins als morts a Espanya per inundacions, que, en un notable nombre de casos, corresponen a persones estrangeres o que no coneixen la dinàmica compulsiva dels rius i rambles mediterranis.

El canvi climàtic és global, però desigual i –es podria dir– injust. Afecta tota la humanitat, però els més pobres són i seran els més perjudicats, per la seva elevada vulnerabilitat i per situar-se en àrees molt exposades als riscos, com és el cas de les poblacions paupèrrimes de Bangladesh i altres països pròxims, subjectes anualment als monsons plujosos, cada pocs anys a tifons de categoria superior i a altres riscos naturals. També la població pobre dels països rics, que viu en condicions precàries o en espais amb riscos naturals, com els marges fluvials.

Malgrat que a les ciutats es localitzen els centres neuràlgics de decisió, els serveis de protecció civil, els centres sanitaris més ben dotats, etc., també s'hi concentren els riscos. Això és així, perquè s'hi acumulen un nombre elevat de ciutadans i de béns, susceptibles, malgrat les infraestructures i la tecnologia urbana, de patir danys personals i pèrdues materials considerables. A les ciutats, a més, es concentren bosses de pobresa, ciutadans molt vulnerables, discriminació i desigualtat, que amplifiquen els efectes negatius dels perills naturals.

El geògraf Jorge Olcina ja va afirmar que Espanya és un territori de risc, on ocorre una gran varietat de riscos d'origen meteorològic, com a pluges torrencials, sequeres, onades de calor i de fred, nevades, pedregades, vendavals, temporals marítims, etc., i altres també d'origen natural, com a sismes (Olcina, 2009). Ni Espanya ni Catalunya encapçalen el rànquing mundial de països i regi-

ons amb més riscos naturals, lluny en el cas dels estats de Japó o Xile, però compta amb un variat ventall de riscos, especialment meteorològics, amb un període de retorn baix, és a dir, relativament freqüents.

Des del camp de la climatologia Wolfgang Cramer i coautors afirmen que els riscos del canvi climàtic al Mediterrani han estat subestimats, perquè cadascun ha estat analitzat independentment, però en realitat estan interconnectats i interactuen amb els problemes socials i econòmics exacerbant els seus impactes (Cramer *et al.*, 2018). Això realça la vinculació de la naturalesa i la societat i les seves activitats econòmiques en el cas dels riscos.

Un nou risc climàtic a les ciutats mediterrànies: l'illa de calor urbana

L'illa de calor urbana és, tècnicament, una anomalia tèrmica positiva al centre de la ciutat respecte a la perifèria, predominantment en horari nocturn. És el fenomen més clar i estudiat de l'alteració que produeix la ciutat en el clima de l'àrea on es localitza (Martín-Vide *et al.*, 2015). És, doncs, un fenomen d'escala local, que no té a veure amb el canvi climàtic. Fa unes dècades l'illa de calor era considerada poc més que una curiositat, que, en la temporada freda, permetia estalviar calefacció als habitants dels barris centrals de les ciutats. Avui, per causa de l'escalfament global, s'ha convertit en un nou risc climàtic a les ciutats mediterrànies pels seus efectes negatius en la salut (Martín-Vide i Moreno-García, 2020). A la figura 1 es presenta un exemple de l'illa de calor de Barcelona en una nit de gener de 2015, amb una diferència de temperatura entre el centre de la ciutat i la perifèria de més de 6°C. A partir de 20 transectes o recorreguts, aproximadament

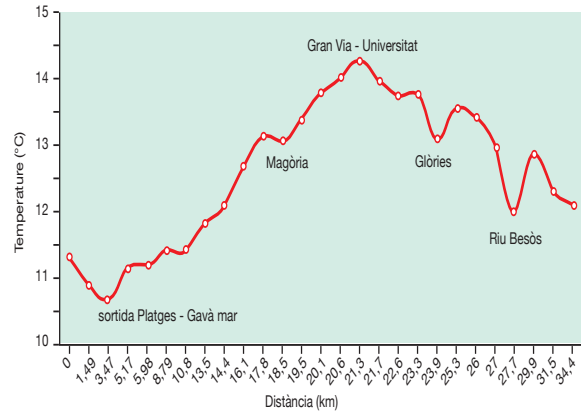


Figura 2. Perfil tèrmic mitjà d'un transecte transversal de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Font: Martín-Vide *et al.* (2015).

paral·lels al litoral, des de la perifèria sud-oest al centre de Barcelona, seguint el gran eix de la Gran Via, i a la perifèria contrària, s'ha construït el perfil tèrmic de la figura 2, on es veu perfectament que cap a la plaça Universitat, en el contacte entre la part baixa de l'Eixample i l'alta del Raval, se situa el nucli de l'illa de calor de la ciutat.

Un estudi experimental inèdit efectuat a la ciutat de Mataró per un geògraf, Víctor Martínez Artola, va mostrar intensitats de l'illa de calor molt elevades algunes nits. A tall d'exemple significatiu, el 25 de gener de 2011 la diferència tèrmica entre el centre del passeig Marítim i la desembocadura de la riera d'Argentona era d'uns 4°C, i fins a 6°C entre el primer punt i el nus de la C32, tot i que en aquesta diferència no només influïa l'efecte urbà, sinó també la major distància al mar del punt perifèric (fig. 3).

El cas és que l'elevació general de la temperatura juntament amb el plus tèrmic que dona l'illa

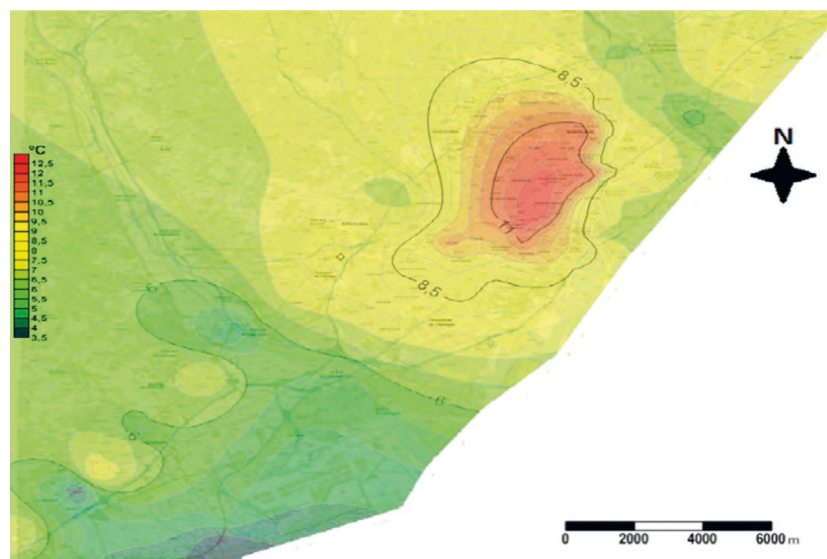


Figura 1. Exemple d'illa de calor intensa a Barcelona, el 17 de gener de 2015, a les 22:15 (hora solar). Font: Martín-Vide *et al.* (2015).

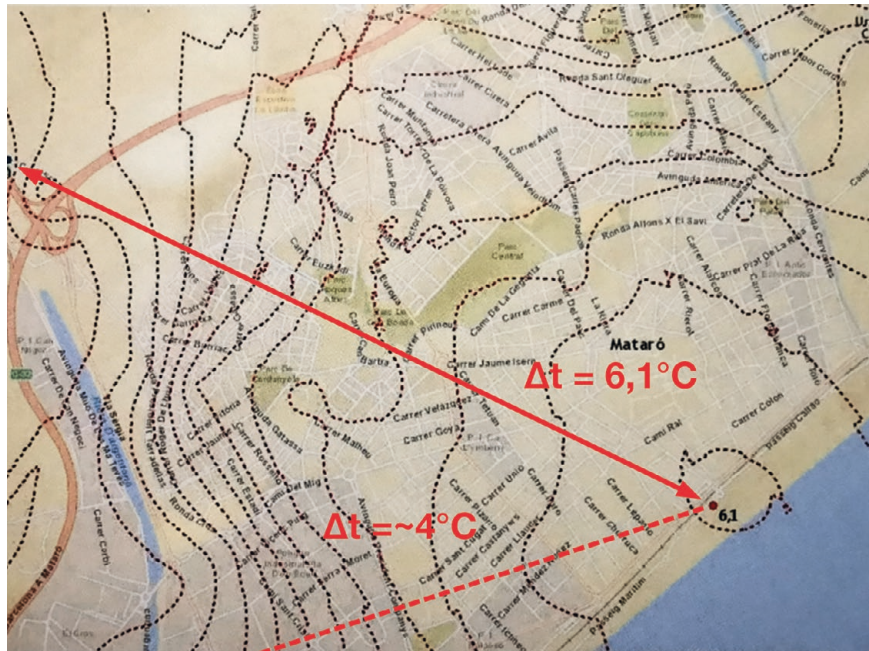


Figura 3. Exemple d'illa de calor intensa a Mataró, el 25 de gener de 2011, poques hores després de la posta de Sol. Font: Víctor Martínez Artola, inèdit.

de calor converteix els centres de les ciutats del litoral mediterrani i altres de la meitat sud d'Espanya en autèntics «forns» en les nits d'estiu, especialment acusat durant els episodis d'onada de calor. És així que les anomenades nits tropicals, aquelles amb temperatures mínimes per sobre de 20°C, són cada vegada més nombroses en les ciutats citades, amb més de 90 a l'any en mitjana en el Raval de Barcelona. Fins i tot, comencen a ser relativament freqüents les nits amb temperatura mínima igual o superior a 25°C, per les quals vam proposar la denominació de nits tòrrides. El cas és que amb l'escalfament global i regional sofrim valors tèrmics més elevats, tant a la ciutat com en el seu entorn, sobretot, durant els episodis d'onada de calor, la qual cosa dona lloc en els barris centrals de les ciutats a mínimes incompatibles amb el descans nocturn. L'estiu de 2022 ha estat excepcional, al bell mig de Barcelona, amb 39 nits tòrrides (comptabilitzades a partir de les temperatures mínimes diàries registrades per l'observatori de Barcelona-el Raval del SMC) (fig. 4). Uns primers mesuraments en els dormitoris orientats cap a ponent d'habitatges alts de Barcelona han donat a l'estiu valors de 32-34°C poc abans de la mitjanit.

S'ha demostrat que les persones d'edat avançada o amb malalties cròniques pateixen amb especial gravetat aquests valors tèrmics nocturns. La impossibilitat d'un descans reparador afebleix el seu organisme, de manera que augmenta clarament la morbiditat i la mortalitat en les dates més càlides (Basagaña, 2016). En un estudi de les onades de calor a Catalunya del període 1983-2006 es va concloure que la mortalitat augmenta-

va en valors superiors al 20% per causa de malalties cardiovasculars (22%), respiratòries (21%), mentals (30%), diabetis (21%) i ronyó (17%). En un altre estudi més recent per a tota Espanya sobre la morbiditat per temperatures extremes el resultat més significatiu va ser que les temperatures elevades augmenten els ingressos hospitalaris per causes respiratòries (Martínez-Solanas i Basagaña, 2019).

La situació és particularment greu en les persones que estan en condicions de pobresa energètica, en el cas que ens afecta, que no tenen un aparell d'aire condicionat, o, si el tenen, que no el poden utilitzar per l'alt cost de l'electricitat. Es tracta d'un problema de salut pública. Caldrà portar a terme un pla decidit de rehabilitació dels habitatges, amb l'aïllament tèrmic i altres actuacions, i l'ajut socio sanitari a les persones grans i pobres.

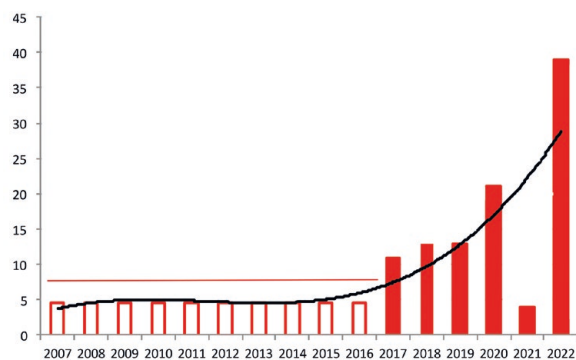


Figura 4. Nombre anual de nits tòrrides a Barcelona-el Raval (2007-2022). Font: elaboració pròpia. (Per al període 2007-2016, es representa la mitjana anual).

Epíleg

No es pot finalitzar gairebé mai un article sobre el canvi climàtic sense esmentar les dues accions clau: la mitigació, és a dir, la reducció d'emissions de gasos d'efecte d'hivernacle per tal que l'escalfament sigui el mínim possible, i l'adaptació, o ajustar-se a les noves condicions ambientals reduint l'efecte dels impactes (i, en alguns casos, aprofitant les noves oportunitats). En el cas dels riscos del canvi climàtic, l'adaptació i la mitigació són estratègies complementàries per a reduir-los.

Pensant en el mitjà urbà, s'imposa el reverdiment (*greening*) de les ciutats, augmentant la superfície de parcs i jardins, així com l'arbratge; l'ús de cobertes verdes i cobertes fresques, i, en general, substituir, d'alguna manera, el sòl asfaltat o pavimentat, per sòls permeables i parets vegetades. I sempre els bons hàbits, la mobilitat sostenible, les pautes de consum moderades...

Bibliografia

- Basagaña, X., Martínez, È, Paaijmans, K., Sunyer, J. 2016. Salut. A: *Tercer Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*, pp. 437-464. Generalitat de Catalunya i IEC, Barcelona.
- Beck, U. 2002. *La sociedad del riesgo global*. Siglo XXI, Madrid.
- CO₂-earth. <https://www.co2.earth/>
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M.C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toret, A., Tsimplis, M.N., Xoplaki, E., 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8: 972-980. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>
- Earth Overshoot Day, <https://www.overshootday.org/>
- IPCC. 2021. *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University, Cambridge.
- Martín-Vide, J. 2008. La nueva realidad del calentamiento global. Un decálogo del cambio climático. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XII, 270 (23). Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Martín-Vide, J. 2021. Collserola tiene ahora la temperatura del centro de Barcelona de hace 40 años. *La Vanguardia*, 12 gener 2021. <https://www.lavanguardia.com/natural/cambio-climatico/20210112/6180885/collserola-temperatura-centro-barcelona-40-anos.html>
- Martín-Vide, J., Moreno-García, M.C. 2020. Probability values for the intensity of Barcelona's urban heat island (Spain). *Atmospheric Research*, 240: 104877. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104877>
- Martín-Vide, J., Cordobilla, M.J., Artola, V.M., Moreno García, M.C. 2015. *La isla de calor en el Área Metropolitana de Barcelona y la adaptación al cambio climático*. Área Metropolitana de Barcelona.
- Martínez-Solanas, È., Basagaña, X. 2019. Temporal changes in the effects of ambient temperatures on hospital admissions in Spain. *PLoS ONE*, 14(6): e0218262. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218262>
- Olcina, J. 2009. España, territorio de riesgo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17.3: 242-253.
- SMC. 2021. *Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics (BAIC 2020)*. Servei Meteorològic de Catalunya, Barcelona.
- UCL Lancet Commission. 2009. maig 16, p. 1693.
- WMO. 2021. *WMO Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2019)*. WMO. No. 1267. World Meteorological Organization, Ginebra.