

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS  
*NATURA, ÚS O ABÚS? (2018-2019)*

**L'evolució del clima regional i local a Catalunya als darrers  
quaranta anys. Conceptes nous i recomanacions de futur**

JAVIER MARTÍN-VIDE

© 2019, Institut d'Estudis Catalans  
Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

© Dels autors dels articles

Article rebut el gener de 2019

Text revisat lingüísticament per Roser Carol i Àlvar Valls

ISBN: 978-84-9965-457-7

DOI: 10.2436/15.0110.22.11

# **L'evolució del clima regional i local a Catalunya als darrers quaranta anys. Conceptes nous i recomanacions de futur**

Javier Martín-Vide

Catedràtic de Geografia Física de la Universitat de Barcelona

Article rebut el gener de 2019.

## **Sumari**

1. DES DELS ANYS SETANTA DEL SEGLE XX HA PLOGUT MOLT
  2. L'ESCALA GLOBAL I DE PAÍS: EL CANVI CLIMÀTIC
  3. L'ESCALA LOCAL: EL CLIMA URBÀ I LES ILLES DE CALOR
  4. LA CONTAMINACIÓ ATMOSFÈRICA
    - 4.1. L'ozó troposfèric
    - 4.2. La pluja àcida
    - 4.3. La pols mineral atmosfèrica
    - 4.4. Altres contaminants atmosfèrics
  5. ALGUNES PROPOSTES I RECOMANACIONS
- BIBLIOGRAFIA

## 1. DES DELS ANYS SETANTA DEL SEGLE XX HA PLOGUT MOLT

Des de la segona meitat dels anys setanta del segle passat ha plogut molt en el sentit figurat de l'expressió i amb referència als canvis i als nous enfocaments en la problemàtica ambiental, com són: la consideració de les relacions bidireccionals i de l'equilibri entre l'ésser humà i el medi; la introducció de nous conceptes i aproximacions metodològiques (sostenibilitat, biodiversitat, avaluació d'impacte ambiental, economia circular, etc.); l'aparició de reptes i problemes globals (escalfament global, canvi global, desenvolupament sostenible, etc.), i, en general, l'obligada assumpció del fet que vivim en un món finit de recursos fungibles, en el qual l'únic *input* és la radiació solar. Tot això, a més a més, ha esdevingut en un planeta cada cop més poblat, complex, interconnectat i imprevisible. I encara que la globalització i el viure «connectat» permanentment pot semblar que redueix les nostres incerteses i augmenta el nostre grau de certeses en el futur immediat i a llarg termini, la realitat ens ha ensenyat que això no sempre és així, sinó que avui petits esdeveniments poden tenir una repercussió global en un breu espai de temps. La teoria del caos i la teoria de les catàstrofes de René Thom ho porten a col·lació dia rere dia en veure comportaments discontinus, disruptius, caòtics en les societats humanes.

És que aquest panorama complex es reproduïx a escales de detall, les d'una regió o un país, a Catalunya, per exemple? Sens dubte la complexitat i la imprevisibilitat es redueixen, però la ineludible dependència i interconnexió amb àmbits territorials més amplis i, al final, amb la globalitat del planeta obliga a consideracions i tractaments que ultrapassin clarament les fronteres del territori en qüestió, cosa que, per un altre cantó, no hauria d'empitjorar el panorama si l'entorn fos harmònic. En el cas de l'atmosfera, això és palmari. Com delimitar parcel·les en un medi tan continu i suau com és l'aire per la pertinença administrativa del substrat en què descansen, en un o altre territori o país? Per posar un exemple, la contaminació atmosfèrica present en un espai proper als seus límits territorials administratius pot procedir d'una regió veïna. La gestió i la lluita contra aquest risc és evident que ultrapassin les fronteres administratives i polítiques.

La problemàtica més greu associada a l'atmosfera, al clima, des de les últimes dècades, és, sens dubte, la del canvi climàtic, considerat el repte ambiental més important a què s'enfronta la humanitat al segle XXI, encara que, com és ben sabut, no és un problema exclusivament ambiental, sinó de model econòmic i, en particular, energètic, o sigui, antròpic. Si fa quaranta anys, quan parlàvem del clima, només pensàvem en l'atmosfera, en el seu comportament estructural diferent del conjuntural que defineix el

temps atmosfèric, en l'actualitat i ja des de fa uns quants anys ens hem de referir sempre al sistema climàtic. Però fins i tot quan tractem el sistema climàtic amb els seus cinc components o subsistemes naturals (atmosfera, hidrosfera, superfície emergida, biosfera i criosfera) no podem passar per alt, a l'albada del tercer decenni del segle XXI, que hi ha un sisè component, el propi sistema socioeconòmic. Nosaltres ja formem part del sistema climàtic com un component més, perquè l'activitat quotidiana dels 7.500 milions d'humans, consumint insaciabement recursos i generant una quantitat ingent de residus, produeix un impacte notable en els altres components del sistema a una escala que ja no és local, sinó global.

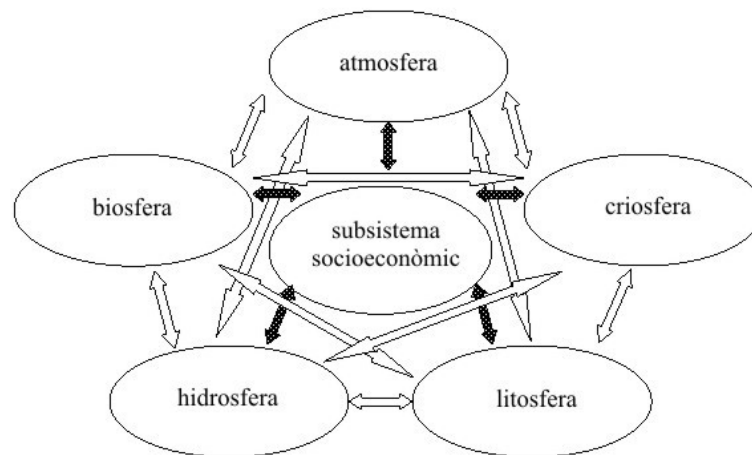


FIGURA 1. El sistema climàtic.

Font: Martín-Vide (2008).

A una altra escala, la quotidiana, principalment la de les ciutats que ja alberguen en el món més del 50 % de la població, i a Catalunya, segons el cens de 2015, prop del 95 % (amb 300 municipis que, amb més de dos mil habitants, es consideren urbans; llindar, per un altre cantó, discutible), un dels reptes més apressants és la qualitat de l'aire, que avui s'associa a la salut pública, avenç conceptual i operatiu interessant. Al mateix temps, l'escala urbana presenta una problemàtica singular, la de la modificació del clima de l'espai en què s'insereix, amb l'illa de calor com la manifestació més clara d'aquesta alteració. Aquest fenomen, que es considerava curiós fa trenta anys, constitueix avui en dia un nou risc climàtic pel plus tèrmic que produeix als centres de les ciutats, greu per a la salut d'alguns residents durant les onades de calor.

En resum, natura i desenvolupament econòmic mantenen fa quaranta anys una relació conflictiva, impossible de conciliar, però sense la preocupació d'un pròxim

desastre. Avui, amb reptes majúsculs i amb un futur inquietant, com a mínim s'assumeixen majoritàriament en qualsevol fòrum els tres pilars del desenvolupament sostenible, és a dir, eficiència econòmica, inclusió social i respecte ambiental, i el quart de la cultura i l'educació. I estan plantejats els disset objectius del desenvolupament sostenible (ODS) de les Nacions Unides com a *deadline* en un horitzó no gaire llunyà, el del 2030. Evidentment, es nota un avanç, encara que queda un llarg camí a recórrer en el planeta, i al nostre país, perquè es posi en pràctica d'una manera decidida tot allò a què obliguen els pilars i els objectius esmentats. De tota manera, el món i el país han canviat molt en aquests quaranta anys (quadre 1).

#### QUADRE 1

*Alguns termes nous de tipus meteorològic, climàtic o afíns apareguts els últims quaranta anys*

<i>Meteorològics</i>	<i>Climàtics</i>	<i>Derivats o afíns</i>
AEMET	adaptació	Agenda 21
alerta groga/taronja/vermella	canvi climàtic	aigües pluvials
ciclogènesi explosiva	escalfament global	CADS
DANA	escenari climàtic	canvi global
dona del temps	gasos amb efecte d'hivernacle	cobertes verdes
El Niño	GECCC	desenvolupament sostenible
forat de la capa d'ozó	IPCC	dipòsit pluvial
illa de calor	lleï de canvi climàtic	eficiència energètica
<i>medicane</i>	mitigació	energia renovable
METEOCAT	model climàtic	les 3 'r'
meteorosensible/meteorotròpic	negacionista	Object. del Desenv. Sosten. (ODS)
Meteosat	projecció climàtica	PM
nit tòrrida		pobresa energètica
nit tropical		protecció civil
predicció numèrica		reciclatge
raigs UVA		<i>smart city</i>
Servei Meteorològic de Catalunya		superilla
temperatura de xafogor		transició energètica
<i>veroño</i>		
xarxa de descàrregues elèctriques		

Font: Elaboració pròpia.

## 2. L'ESCALA GLOBAL I DE PAÍS: EL CANVI CLIMÀTIC

Una de les apostes de coneixement més serioses que s'han dut a terme a Catalunya per tal de reunir allò que se sap sobre l'evolució del clima a les últimes dècades i la seva projecció futura, així com les seves repercussions en els sistemes naturals i humans, han estat els informes sobre el canvi climàtic a Catalunya, els dos primers, de 2005 i 2010, coordinats per Josep Enric Llebot, i el tercer, de 2016, per Javier Martín-Vide.

Una lectura del darrer permet concloure que l'escalfament a Catalunya, i en el conjunt de la península Ibèrica, ha estat paral·lel al planetari. L'increment tèrmic de l'aire a tocar el sòl en el Principat, entre 1950 i 2014, s'estima en 0,23 °C per dècada. Una estimació molt recent del Servei Meteorològic de Catalunya el situa en 0,25 °C/dècada, cosa que suposaria 2,5 °C en un segle. Aquesta taxa d'augment és superior a la planetària estimada en els informes de l'IPCC. En resum, l'escalfament a Catalunya és indiscutible, tal com «inequívoc» es qualifica a nivell global.

Pel que fa a l'evolució pluviomètrica, la suposada reducció de la precipitació al país no té l'aval d'una significació estadística, és a dir, no hi ha una disminució ni un increment estadísticament significatius si s'analitzen les sèries pluviomètriques anuals seculars, com les dels observatoris de l'Ebre, a Roquetes, i Fabra, a Barcelona, d'una qualitat excel·lent i que tenen més d'un segle de durada. És veritat que en els darrers vint anys a diferents comarques catalanes la reducció pluviomètrica és manifesta, amb els totals anuals d'una majoria dels seus anys per sota de la normal climàtica. En alguns casos, com al Maresme, aquesta escassetat hídrica recent podria ser un dels factors coadjuvants al deteriorament dels boscos de la comarca.

Quan s'analitzen les sèries estacionals i mensuals de la temperatura i la precipitació, així com les sèries de les temperatures mitjanes de les màximes i de les mínimes, anuals i estacionals, i les precipitacions màximes, es troben algunes variacions sobre el patró anual de les mitjanes tèrmiques i els totals pluviomètrics. El que destaca més és que el major augment de la temperatura s'ha produït en les màximes i a l'estiu, i que la tardor guanya pes en el repartiment estacional de la precipitació en el context ibèric. En el quadre 2 es recullen les principals conclusions del Tercer informe sobre canvi climàtic a Catalunya.

## QUADRE 2

### *Principals conclusions i recomanacions del Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*

Entre 1950 i 2014, la temperatura mitjana anual de l'aire s'ha incrementat en 0,23 °C per dècada (especialment a l'estiu: + 0,33 °C/dècada).

Les projeccions apunten a un augment de la temperatura d'1,4 °C per a mitjan segle (respecte a la mitjana 1971-2000). Els increments podrien ser més elevats durant l'estiu i al Pirineu.

Entre 1950 i 2014, la precipitació ha disminuït un 1,2 %/dècada al conjunt del país (valor estadísticament no significatiu). Al Pirineu i Prepirineu ho ha fet entre un 2,4 i 3,9 %.

Les projeccions apunten a una disminució de la precipitació de cara a 2050, tot i que la tendència és més incerta. Els estudis pronostiquen un escenari d'escassetat hídrica que requerirà mesures d'adaptació a la nova realitat.

Tots els escenaris climàtics apunten a un augment de les temperatures extremes, les onades de calor, les nits tropicals (especialment al litoral i al prelitoral), les nits i els dies càlids i la durada de les ratxes seques. Hi haurà un augment de la durada de les ratxes seques, sobretot a la primavera i a l'estiu.

Ja no hi ha cap aparell glacial visible a Catalunya.

El nombre d'episodis que produeixen inundacions locals augmenta des de mitjan segle XIX, probablement a causa de l'augment de l'exposició i la vulnerabilitat.

El nombre d'incendis forestals per sobre de 0,5 ha disminuït, possiblement a causa d'una millora en les bones pràctiques en la prevenció i en la predicció.

Les condicions més extremes de temperatura, humitat i precipitació previstes apunten a un augment del nombre d'incendis forestals. L'increment de situacions excepcionals pot afavorir una freqüència més gran d'incendis de gran extensió, així com els incendis en zones on ara no són habituals, o fora de l'estiu.

Els estudis reflecteixen la singularitat hídrica del país i l'heterogeneïtat territorial pel que fa als efectes del canvi climàtic sobre els recursos hídrics. Tots apunten la futura escassetat d'aigua com un factor comú al conjunt del país.

De cara a mitjan segle, es projecta la reducció de la disponibilitat de recursos hídrics d'un 9,4 % a les comarques pirinenques, d'un 18,2 % a les interiors i d'un 22 % al litoral.

La combinació del transport longitudinal i la modificació dels nivells relatius terra-mar comportarà un augment dels trams de platja amb vulnerabilitat alta o molt alta, especialment al tram nord de la costa catalana (l'any 2060 podríem tenir 164 km de costa en aquestes condicions de vulnerabilitat).

Fins i tot sense variar la configuració actual de la costa, l'any 2100 el 21 % de les platges requerirà actuacions addicionals per al seu manteniment.

Els sòls experimentaran una pèrdua lenta de matèria orgànica per mineralització durant els propers decennis per efecte del canvi climàtic. També es preveu un augment de l'aridesa i, en conseqüència, de l'erosió.

Hi ha moltes evidències dels efectes del canvi climàtic sobre els organismes i els ecosistemes terrestres (canvis genètics, en el metabolisme, demografia de les poblacions, composició de les comunitats i estructura i funcionament ecosistèmics).

Els impactes poden ser més significatius si els altres components del canvi global (canvis en els usos del sòl, contaminació i sobreexplotació de recursos) continuen evolucionant com fins ara o empitjoren.



El canvi global també afecta els ecosistemes aquàtics continentals (rius, llacs, llacunes i embassaments), en reduir la quantitat i la qualitat dels recursos hídrics i la seva biodiversitat.

La Mediterrània és una mar semitancada i pateix una gran pressió a causa de l'activitat humana vora la costa. Aquests dos aspectes la fan especialment vulnerable al canvi climàtic.

La mar catalana s'està escalfant a una velocitat de 0,3 °C per decenni des de 1974 i el nivell del mar augmenta gairebé 4 cm per decenni des de 1990.

Aquests canvis progressius, juntament amb el sobreescalfament a l'estiu o un augment de les tempestes a la tardor, afecten els ecosistemes marins (mortalitat massiva de les comunitats de coral·ligen, afectacions als alguers de posidònia, desplaçament d'espècies, proliferació d'eixams de meduses, entre d'altres).

Totes aquestes alteracions afecten els serveis que ens ofereixen els ecosistemes.

L'increment de la temperatura (amb un augment de l'evapotranspiració), la reducció progressiva de la pluviometria i un augment de la seva irregularitat poden comportar un increment dels requeriments d'aigua de reg (segons el cultiu, l'any i el lloc).

L'increment de les temperatures pot allargar els cicles de creixement d'alguns cultius i incrementar-ne els rendiments en alguns indrets, però pot generar problemes greus de floració, maduració, cops de calor i qualitat organolèptica dels aliments.

El canvi climàtic podria provocar una disminució de les captures de pesca de fins al 20 % a mitjan segle XXI. La disminució podria ser més gran per l'acidificació de les aigües marines a causa de l'augment de CO<sub>2</sub>.

El canvi de *mix* energètic ha de passar per donar un nou impuls a l'energia eòlica i a la fotovoltaica.

La contribució principal a les emissions del tractament dels residus prové dels dipòsits controlats, que emeten grans quantitats de metà. D'altra banda, la recollida selectiva contribueix a reduir la petjada de carboni.

No es preveu una pèrdua substancial de l'atractiu turístic del litoral català des del punt de vista de confort tèrmic (excepte en les nits d'estiu). El turisme de sol i platja té potencial per a satisfer les expectatives de noves demandes més enllà de l'estiu.

El turisme de neu continua mostrant una vulnerabilitat important al canvi climàtic, atesa la situació latitudinal de gairebé totes les estacions d'esquí (en cotes límit per a la seva viabilitat futura). Es proposa la transició d'estació d'esquí a estació de muntanya.

Els infants, les persones grans o amb patologies prèvies i la població de nivell socioeconòmic més baix són els més vulnerables a patir els efectes del canvi climàtic en termes de salut.

Les projeccions per al 2050 apunten a un increment de la mortalitat com a conseqüència de la calor (relacionada amb malalties cardiovasculars i respiratòries i del sistema nerviós i mental, la diabetis, i del sistema urinari i renal).

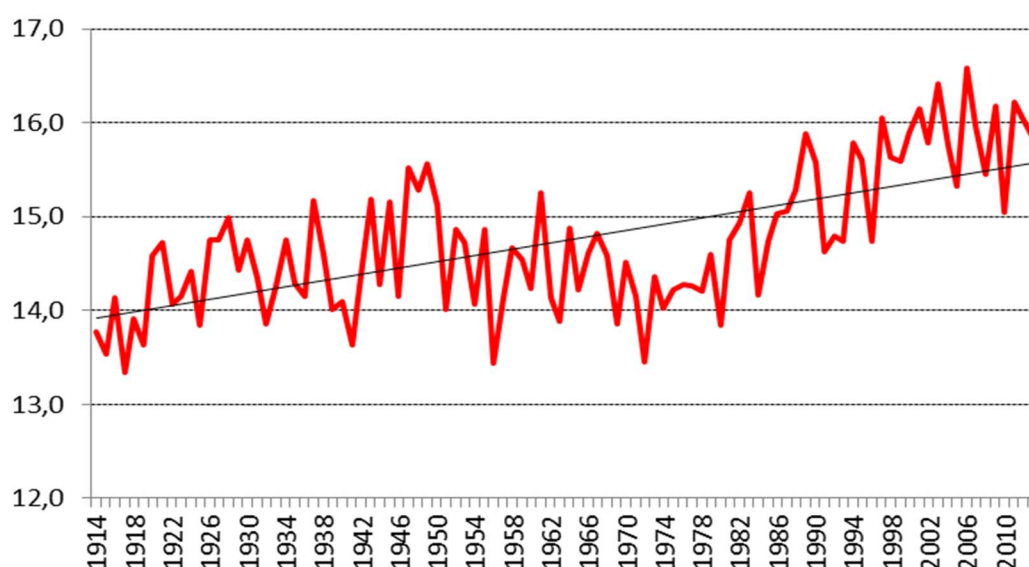
L'augment de temperatures afavoreix les condicions per a la transmissió de malalties causades per vectors, i existeix el risc d'introducció del dengue, el chikungunya i la malària (actualment no hi ha casos autòctons).

Font: Martín-Vide (2016).

En complir-se un segle del funcionament de l'observatori Fabra, pertanyent a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, l'anàlisi de la sèrie tèrmica anual disponible (1914-2013) va mostrar una tendència estadísticament significativa a nivell del 99,9 % d'1,7 °C, valor molt alt que aproximadament duplica el planetari en el mateix període (figura 3). L'explicació ve donada pel fet que la sèrie no solament reflecteix l'escalfament global, sinó també una determinada empremta humana, ja que l'observatori es localitza en plena àrea metropolitana de Barcelona. Encara que està ubicat fora del continu urbà, Fabra té als seus peus la ciutat de Barcelona i altres de l'entorn metropolità que, amb les seves illes de calor, empitjoren l'increment tèrmic.



FIGURA 2. Cúpula, amb un arc iris doble al darrere, i pluviòmetres de l'observatori Fabra. Fotos: Alfons Puertas i Javier Martín-Vide.



$$1,7^{\circ}\text{C}/100 \text{ anys}, T = 0,017 \cdot (\text{Any} - 1914) + 13,92, \alpha=0.001$$

FIGURA 3. Evolució i tendència lineal de la temperatura mitjana anual del primer segle de registres de l'observatori Fabra (1914-2013) (en °C).

Font: RACAB i Martín-Vide (2017).

Per tal de valorar tèrmicament el trentenni més recent (1988-2017), s'han calculat i comparat els valors mitjans mensuals i anual de la temperatura de l'observatori Fabra d'aquest període i del precedent (1958-1987) (figura 4). L'augment de la temperatura mitjana anual entre el primer període (14,5 °C) i el segon (15,8 °C) és notable: 1,3 °C, valor que suposa un increment estadísticament molt significatiu, superior al 99,9 % ( $p < 0,0001$ ). El fet que il·lustra molt bé l'increment tèrmic és que, mentre que en el període 1958-1987 només va haver-hi quatre anys amb una temperatura mitjana igual o superior a 15° C, en el període 1988-2017 van ser vint-i-sis anys els que van igualar o superar aquest llindar.

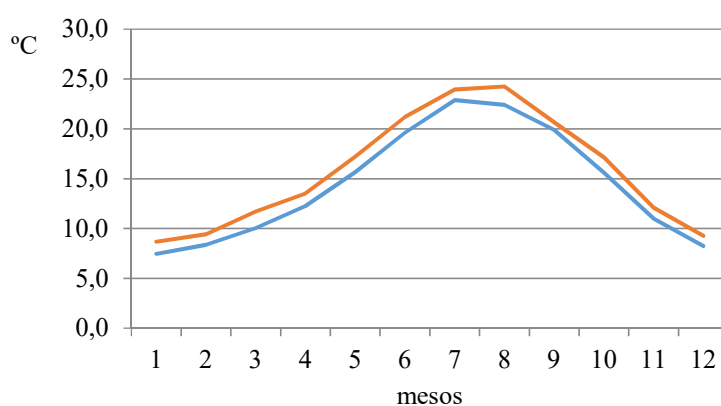


Figura 4: Valors mitjans mensuals de la temperatura a l'observatori Fabra en els períodes 1958-1987 (en blau) i 1988-2017 (en vermell) (en °C).

Font: Elaboració pròpia.

En tots els mesos la temperatura mitjana ha sigut més alta en el període recent que en el precedent. Si exceptuem setembre, la diferència a favor del període 1988-2017 és notable, superior a 1 °C. La diferència més gran és a l'agost, amb 1,8 °C.

Els anys 2015 i 2016 marquen els màxims, amb 16,6 °C. Els tres darrers anys, 2015, 2016 i 2017, són, en conjunt, els més càlids de tota la sèrie, amb l'excepció del 2006 i del 2003.

En canvi, l'anàlisi de la sèrie de precipitació anual del mateix període no ha mostrat cap tendència significativa (figura 5). Per tal de valorar pluviomètricament el trentenni més recent (1988-2017) s'han calculat els valors mitjans mensuals i anual de la precipitació d'aquest període i del precedent (1958-1987) (quadre 3).

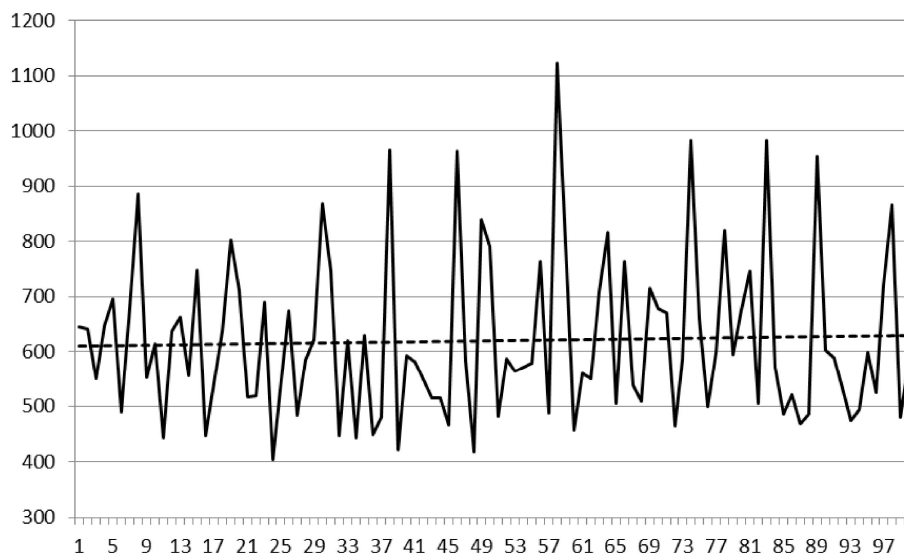


Figura 5. Evolució i tendència lineal de la precipitació anual del primer segle de registres de l'observatori Fabra (1914-2013) (en mm) (escala horitzontal: any + 1913).

Font: RACAB i Martín-Vide (2014).

#### QUADRE 3:

*Valors mitjans mensuals i anual de la precipitació a l'observatori Fabra en els períodes 1958-1987 i 1988-2017 (en mm)*

	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Any</i>
1958-1987	43,7	42,2	51,2	51,1	60,7	39,4	27,6	53,6	69,1	88,4	67,5	55,8	650,3
1988-2017	45,3	32,6	50,0	58,9	55,9	30,7	26,2	32,2	82,8	84,3	60,4	43,0	602,2

Font: Elaboració pròpia.

La disminució de la precipitació mitjana anual entre el primer període (650,3 mm) i el segon (602,2 mm), de 48,1 mm, significa una disminució del 7,4 %. Aquesta minva, encara que no és menystenible, no és estadísticament significativa al 95 %, ni al 90 %, atesa l'elevada variabilitat interanual de la precipitació.

Tots els mesos, excepte gener, abril i setembre, han vist reduir la seva precipitació mitjana si comparem els dos períodes de trenta anys. La disminució més gran, realment cridanera, s'ha donat a l'agost, amb 21,4 mm, un xic compensada per l'augment de 13,7 mm el setembre en el darrer període. Malgrat això, cal indicar que el dèficit recent a l'observatori barcelonès, representatiu del sector central del litoral català, és patent. Dels darrers trenta anys, vint-i-un, o sigui un 70 %, van tenir un total anual inferior a la mitjana de la sèrie completa (1914-2017), que és de 615,3 mm. I dels darrers vint anys, ni més ni menys que setze, és a dir, el 80 %, es van quedar per sota de la mitjana esmentada. Cal

afegir-hi, també, que l'any més sec de tota la sèrie pluviomètrica anual de l'observatori Fabra (1914-2017) també s'ha registrat en el darrer període, el 2015, amb només 345,8 mm, lluny del rècord anterior de l'any més sec. L'any tot just acabat, el 2018, ha suposat, contràriament, un alleujament, ja que ha superat el miler de mil·límetres.

Resumint, l'evolució pluviomètrica a l'observatori Fabra mostra un descens de la quantitat de precipitació i una acumulació recent d'anys secs, sense que tingui, de moment, significació estadística.

Si combinem temperatura i precipitació, l'evapotranspiració potencial anual ha augmentat en 51,5 mm en passar del període 1958-1987 al 1988-2017, cosa que significa un increment percentual del 6,8 %. Mensualment, com que la temperatura mitjana de tots els mesos és més alta en el segon període que en el primer, l'evapotranspiració potencial és també tots els mesos superior en el segon període. L'augment absolut més gran s'ha registrat a l'agost, amb 12,9 mm, que significa un increment d'un 10,6 %, encara que el major increment percentual correspon al mes de març, amb un 12,4 %. En resum, un dèficit hídric creixent.

### **3. L'ESCALA LOCAL: EL CLIMA URBÀ I LES ILLES DE CALOR**

Encara que aquest apartat s'allunya de la temàtica pròpiament natural, la problemàtica que planteja té relacions amb l'escala global i de país i afecta un percentatge molt elevat de la població catalana, la que resideix en ciutats, i per tant és necessari tractar-lo, encara que en un format resumit.

L'illa de calor és el fenomen més clar de modificació local del clima pel fet urbà. Es tracta d'una anomalia tèrmica positiva, preferentment nocturna, al centre de les ciutats contrastant amb la seva perifèria. És un fenomen multicausal particularment desenvolupat les nits serenes o poc ennuvolades, amb vent en calma o fluix i condicions d'estabilitat atmosfèrica. En igualtat d'aquestes condicions, com més populosa és la ciutat més intens sol ser el fenomen. La intensitat de l'illa de calor es defineix com la diferència, en un moment determinat, entre les temperatures enregistrades en el sector més càlid de la ciutat, normalment al centre, i en un punt no urbà del seu entorn o de la perifèria. La intensitat de l'illa de calor és l'indicador més simple i quantitatiu de la modificació tèrmica que imposa l'urbs sobre el territori on se situa i del seu escalfament relatiu respecte al medi rural circumdant, de nit. En tractar-se d'un fenomen nocturn, la

diferència entre les temperatures mínimes d'un observatori urbà central i un de perifèric, com pot ser el de l'aeroport de la ciutat, és un bon indicador de la intensitat del fenomen.

En el cas de Barcelona, a partir del 1985 es va començar a estudiar el fenomen mitjançant la realització de transsectes tèrmics, es a dir, recorreguts radials de la ciutat, passant pel centre, des de la perifèria fins al punt oposat a aquella, a més d'altres de circulars, amb registre de la temperatura i de la humitat relativa de l'aire. Això va permetre dibuixar els primers mapes d'isotermes, que van posar en evidència una configuració aproximadament concèntrica i diferències tèrmiques molt notables algunes nits (figura 6). Al mateix temps es van analitzar les diferències entre les temperatures mínimes de dos observatoris, un d'urbà i el de l'aeroport, que van mostrar uns valors màxims de la intensitat de l'illa de calor barcelonesa propers als 8 °C, com a resultat de la tesi doctoral de M. Carmen Moreno García, el 1990, la primera sobre el fenomen a Barcelona.

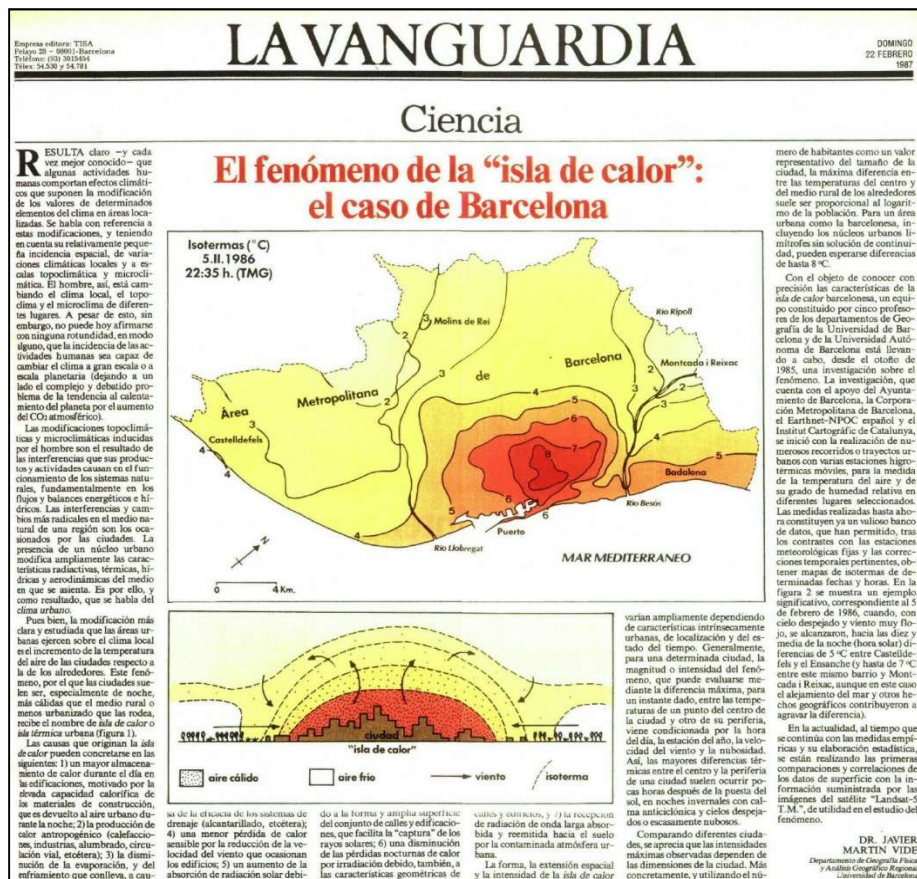


FIGURA 6: Primera «aparició pública» de l'illa de calor de Barcelona. Article de J. Martín-Vide a *La Vanguardia*. *Ciencia*, 22 de febrer de 1987.

En aquell moment d'inici dels estudis de l'illa de calor de les ciutats espanyoles, duts a terme principalment per geògrafs, el fenomen tenia un cert caràcter anecdòtic. Ara, en canvi, les illes de calor han adquirit una rellevància singular per les seves implicacions econòmiques i ambientals i, en particular, pel que fa a la salut de la població que habita els centres urbans.

Pel que fa a les ciutats ibèriques d'estius calorosos, l'illa de calor ha de ser considerada seriosament com un nou risc climàtic. En el context del canvi climàtic, amb l'augment de la temperatura ja observat i el projectat, i l'ocurrència creixent d'onades de calor, el plus tèrmic de les illes de calor durant aquests episodis porta a nits amb una temperatura notablement elevada. Un indicador d'això és el nombre creixent de nits tropicals (temperatura mínima  $\geq 20$  °C) i de nits «tòrrides» (temperatura mínima  $\geq 25$  °C), i que s'està demostrant que produeixen un augment clar de la morbiditat i la mortalitat de persones d'edat avançada i/o amb malalties cròniques.

En un treball recent dirigit per l'autor s'ha determinat la intensitat de l'illa de calor de Barcelona a partir de l'anàlisi de les diferències entre les temperatures mínimes diàries de l'observatori oficial de primer ordre de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) Barcelona - Vila Olímpica (41° 23' 26" N; 2° 12' 00" E; 25 m) i, com a punt no urbà, de l'observatori de la mateixa institució de l'aeroport de Barcelona (41° 17' 34" N; 2° 4' 12" E; 4 m), a una altitud similar i a una distància del mar semblant. És veritat que el primer no es localitza en el sector més càlid de Barcelona, que, per treballs previs, estaria a la part baixa de l'Eixample en el seu contacte amb el Raval, però els seus valors nocturns no difereixen excessivament dels enregistrats en aquest sector, com s'ha pogut comprovar a partir dels registres de l'observatori Barcelona-Raval (41° 23' 2" N; 2° 10' 39"; 33 m) del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC o METEOCAT) d'un període coincident. Tampoc l'observatori de l'aeroport s'ubica en un àmbit rural, que pràcticament no existeix a l'àrea metropolitana de Barcelona, on els tipus de superfícies, a més d'urbanes, són periurbanes i rururbanes, més que rurals. Hauríem d'allunyar-nos molt de Barcelona per trobar espais autènticament rurals, i llavors no es complirien els requisits del conegut esquema de Lowry que obliguen a comparar punts amb clima, altitud i distància al mar semblants. L'aeroport de Barcelona, malgrat les seves instal·lacions, és un àmbit molt obert i, com a conseqüència, amb un refredament nocturn marcat que contrasta amb el del centre de la ciutat de Barcelona.

El període d'anàlisi ha estat el decenni que va de l'1 de gener de 2004 al 31 de desembre de 2013. El nombre de dades disponibles realment en dates comunes en els dos

observatoris ha estat de 3.285. Complementàriament s'ha disposat dels valors diaris de les temperatures mínimes de l'observatori de Barcelona-Raval (SMC) del període que va de l'11 d'octubre de 2006, en què comencen els registres, fins al 31 de desembre de 2010. La diferència entre les temperatures mínimes dels observatoris de Barcelona - Vila Olímpica i Barcelona-Raval de l'esmentat període és de 0,22 °C favorable al segon observatori. Això últim reflecteix que l'observatori del SMC se situa més a prop del nucli de l'illa de calor de Barcelona que el de Barcelona - Vila Olímpica.

Només en un 8,10 % dels dies la temperatura mínima a la metròpoli barcelonesa ha estat inferior a la de l'aeroport, és a dir, en el 91,90 % restant ha estat igual o superior a la ciutat, i això ja ens parla clarament de la freqüència de l'anomalia tèrmica positiva de la ciutat en relació amb el seu entorn. Les intensitats màximes de l'illa de calor durant el període de l'anàlisi han superat els 7,0 °C en un cas, concretament 7,4 °C, els 6,0 °C en dos casos i els 5,0 °C en trenta-cinc.

La mitjana de les 3.285 diferències entre temperatures mínimes és d'1,7 °C. Si tenim en compte que les temperatures mínimes de l'observatori complementari de Barcelona-Raval superen les de Barcelona - Vila Olímpica en 0,22 °C, es pot afirmar que les nits en el mateix centre de la ciutat són, de mitjana, més d'1,9 °C més càlides que a l'aeroport. Aquests prop de 2 °C constitueixen la intensitat mitjana de l'illa de calor barcelonesa, valor molt notable. I finalment, en el 10 % dels dies la diferència entre les temperatures mínimes iguala o ultrapassa els 3,5 °C (percentil 90).

S'ha procedit a l'ajustament probabilístic de les distribucions de freqüències de les diferències entre les temperatures mínimes dels dos observatoris de referència mitjançant la distribució del millor ajustament. L'objectiu és proveir la probabilitat d'ocurrència d'illes de calor d'intensitats iguals o superiors a determinats llindars. Els resultats obtinguts es presenten en el quadre 4.

Té interès analitzar les cues de la dreta de les distribucions, és a dir, la probabilitat d'ocurrència d'illes de calor intenses, per exemple, amb diferències iguals o superiors a 5 °C en les temperatures mínimes a favor de la ciutat. La probabilitat anual és d'1,19 % (quadre 4).

Per estacions, a l'hivern, igual que a la tardor, la probabilitat que la intensitat de l'illa de calor barcelonesa sigui de 7 °C o els ultrapassi és de l'1 %, és a dir, a cadascuna de les dues estacions, cada mil dies, poc més de deu anys, hi haurà una nit amb una intensitat tan elevada del fenomen. En resum, el període fred de l'any és el que presenta a



Barcelona, així com a les ciutats ibèriques i de latituds similars analitzades, una major intensitat de l'illa de calor.

#### QUADRE 4

*Valors de probabilitat de les diferències entre les temperatures mínimes diàries dels observatoris de Barcelona - Vila Olímpica i de l'aeroport de Barcelona per al període 2004-2013, a partir de la distribució de probabilitat de millor ajustament, anualment*

Llindar $\Delta T$ (°C)	P	%
< 0	0,09714	9,71
$\geq 0$	0,90286	90,29
$\geq 1$	0,68943	68,94
$\geq 2$	0,39811	39,81
$\geq 3$	0,16729	16,73
$\geq 4$	0,05149	5,15
$\geq 5$	0,01193	1,19
$\geq 6$	0,00215	0,22
$\geq 7$	3,14E-04	0,0314
$\geq 8$	3,80E-05	0,0038
$\geq 9$	3,94E-06	0,0004

$\Delta T$ : diferències de temperatura (°C); P: probabilitat de superar el llindar  $\Delta T$ ; %: percentatge de casos estimats

Font: Martín-Vide *et al.* (2015).

El plus tèrmic que suposa l'illa de calor al centre de les ciutats (una mitjana, com s'ha dit, de gairebé 2 °C al centre de Barcelona) i el fet que a l'hivern té una conseqüència positiva amb un estalvi de calefacció, a l'estiu provoca un element de desconfort i d'increment de l'ús dels aparells d'aire condicionat, sempre que no hi hagi una situació de pobresa energètica. El canvi climàtic s'evidencia per l'augment del nombre de nits tropicals, que ara ja arriba a superar les noranta nits anuals al centre de la capital catalana. Darrerament, en especial durant les onades de calor, que cada vegada són més severes i freqüents, comença a haver-hi un nombre significatiu de nits amb una temperatura mínima igual o superior als 25 °C, per a les quals s'està generalitzant a Espanya la denominació «nits tòrrides». En el cas de l'observatori de Barcelona-Raval, els dos últims estius (2017-2018) s'ha superat la desena de nits d'aquest tipus, mentre que la mitjana del període 2007-2016 era inferior a 5. Concretament, el 2017 van ser 11, i el 2018, 13. Aquest darrer any es va registrar una temperatura mínima de 29,4 °C el 4 d'agost, que

fins i tot va ser superada la nit del 4 al 5, amb 29,8 °C, encara que no va quedar consignada com a registre mínim de la jornada perquè la temperatura en acabar el dia 5 havia baixat als 28,3 °C. Entre el 30 de juliol i el 8 d'agost la temperatura no va baixar dels 25,3 °C.

Aquestes temperatures mínimes són crítiques pels seus efectes en la salut humana, ja que les persones d'edat avançada i amb malalties cròniques es debiliten en no poder descansar durant les nits amb temperatures sufocants (incloent-hi humitats relatives altes). Encara que les temperatures màximes i mínimes elevades solen anar associades, i tot haver-hi per a les primeres alertes per excés de calor, sembla convenient alertar també sobre l'ocurrència i el perill que comporten les nits tòrrides.

Els riscos del canvi climàtic en la salut humana a la península Ibèrica se centren principalment en les onades de calor i, en general, en les altes temperatures, que produeixen un augment clar de la morbiditat i la mortalitat, en relació amb un increment dels afectats per malalties cardiovasculars, respiratòries, mentals, del sistema urinari, la diabetis i els cops de calor, com han publicat investigadors d'ISGlobal. Per a Catalunya han estimat que durant les onades de calor el nombre de morts i hospitalitzats augmenta més d'un 20 %. Per tant, les illes de calor a les ciutats mediterrànies són a l'estiu un risc per a la salut en el cas de les onades de calor i altres situacions de temperatura elevada.

#### **4. LA CONTAMINACIÓ ATMOSFÈRICA**

L'aire que respirem, amb el seu 21 % d'oxigen en la composició volumètrica de l'aire pur i sec de la troposfera, és tan imprescindible com l'aigua per a la vida aeròbica. Si rebutgem un got d'aigua bruta, amb impureses o pudent, per què admetem respirar un aire visiblement contaminat? Els efectes negatius en la salut humana de viure en atmosferes amb una alta contaminació, sigui per òxids de sofre i nitrogen, ozó, partícules PM, etc. estan reconeguts sense excepció en medicina i en la recerca biomèdica. La morbiditat i la mortalitat augmenten clarament durant els episodis d'alta contaminació atmosfèrica, per l'agreujament o l'aparició d'afeccions respiratòries i cardiovasculars, al·lèrgies i d'altres. A més a més, a mitjà i a llarg termini, els efectes en la salut, aparentment silencis, també són visibles i greus.

Durant els darrers quaranta anys a Catalunya les xarxes de control de la qualitat de l'aire, de diferents titularitats —municipal, de les diputacions i de la Generalitat, en especial la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA) de

l'actual Departament de Territori i Sostenibilitat—, s'han consolidat i són imprescindibles per al coneixement de la qualitat de l'aire i, en particular, per a la detecció i seguiment dels episodis de contaminació atmosfèrica. Les sèries de dades de concentració dels contaminants tenen ja la longitud suficient per a analitzar-ne l'evolució. De tota manera, al marge dels valors concrets mesurats, de la seva estacionalitat i cicle diari, dels llindars ultrapassats i de les seves tendències al llarg del temps, les xarxes d'estacions de control ambiental operen guiades per un concepte cada cop més important en una societat avançada com la catalana, com és la salut pública.

#### **4.1. L'ozó troposfèric**

L'ozó troposfèric, el denominat ozó «dolent», contaminant, en oposició a l'ozó estratosfèric o ozó «bo», protector davant de la radiació ultraviolada, es mesura a mig centenar de punts de Catalunya (49 punts a l'abril de 2018, Departament de Territori i Sostenibilitat). A diferència dels altres contaminants atmosfèrics, l'ozó, pel fet de ser un compost fotoquímic, presenta les seves màximes concentracions a l'estiu, quan la radiació solar és més intensa i la temperatura és alta, i durant la jornada, al migdia i a primeres hores de la tarda; els mínims es registren a l'hivern. Pel que fa al seu repartiment territorial, s'ha confirmat que els nivells més alts d'ozó troposfèric es registren en àmbits relativament rurals, a sotavent de les grans ciutats. Això és conseqüència del seu caràcter de contaminant secundari, és a dir, no emès directament, sinó format per reaccions entre contaminants primaris, emesos directament per una font determinada. En el cas de l'ozó prop del sòl són els òxids de nitrogen, amb clares fonts urbanes i industrials, i els components orgànics volàtils, o COV, els que, per reacció fotoquímica, generen l'O<sub>3</sub>. En el medi menys urbanitzat a sotavent del vent dominant del SW de l'àrea metropolitana de Barcelona, com és la plana de Vic, la proporció dels dos contaminants primaris es la idònia per a la formació de l'ozó; d'aquí la paradoxa que escapar de la ciutat per respirar aire més pur no sol ser cert en el cas de l'ozó en època estival.

Amb tot això, a Catalunya se solen distingir tres tipus d'àrees en funció dels nivells d'ozó. En primer lloc, les ciutats i zones industrials, on s'emeten els compostos precursors, que registren valors baixos. En segon lloc, les àrees rurals allunyades de les fonts dels precursors i que no es localitzen a sotavent dels nuclis urbans i industrials importants, on els nivells d'ozó són relativament moderats. I, finalment, les àrees a

sotavent dels grans nuclis de població, on es registren els valors més alts, que arriben a superar el llindar d'informació a la població, de  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en mitjana horària, encara que molt rarament el d'alerta, de  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en mitjana horària. Les àrees amb més freqüència d'aquests episodis són el Camp de Tarragona, la plana de Vic, el Pirineu oriental i algunes comarques de Girona.

L'anàlisi temporal de la concentració d'ozó mostra una certa estabilització des de principi de segle; només el 2003 destaca per sobre de la dècada dels noranta —la dels valors més elevats—, un fet explicable per la intensa onada de calor del seu estiu.

#### **4.2. *La pluja àcida***

Hi ha una Xarxa de Pluja Àcida (XPA), coordinada pel CREAM, des de 1996, que forma part de la XVPCA del Departament de Territori i Sostenibilitat. Per les dades enregistrades es pot afirmar que no constitueix un problema seriós en el cas de Catalunya, per l'abundor de sòls carbonatats i per l'efecte neutralitzador de les pluges de fang, que, pel seu origen saharià, són alcalines. Cada any a Catalunya es registren diversos episodis de precipitació de fang, fins i tot al Pirineu, amb continguts sòlids que en alguns cassos superen  $1\text{g}/\text{m}^2$ .

#### **4.3. *La pols mineral atmosfèrica***

Des del 2014, el Barcelona Dust Forecast Center, instal·lat a la ciutat, genera i distribueix diàriament la predicció del contingut de pols a l'atmosfera per al nord d'Àfrica, l'Orient Mitjà i Europa. Es tracta de l'únic centre d'aquesta mena al món que és reconegut per l'Organització Meteorològica Mundial, gestionat per l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) i el Barcelona Supercomputing Center. La predicció de pols mineral és accessible des de la pàgina web de l'AEMET (<[http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/polvo\\_mineral](http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/polvo_mineral)>).

Aquesta eina de consulta permet als ciutadans conèixer de primera mà les prediccions de pols atmosfèrica i sorra per a les àrees considerades continentals esmentades (se'n presenta un cas a la figura 7). És un exemple més de la quantitat i «sofisticació» de la

informació de caràcter meteorològic o afí de què es disposa actualment, impensable quaranta anys enrere.

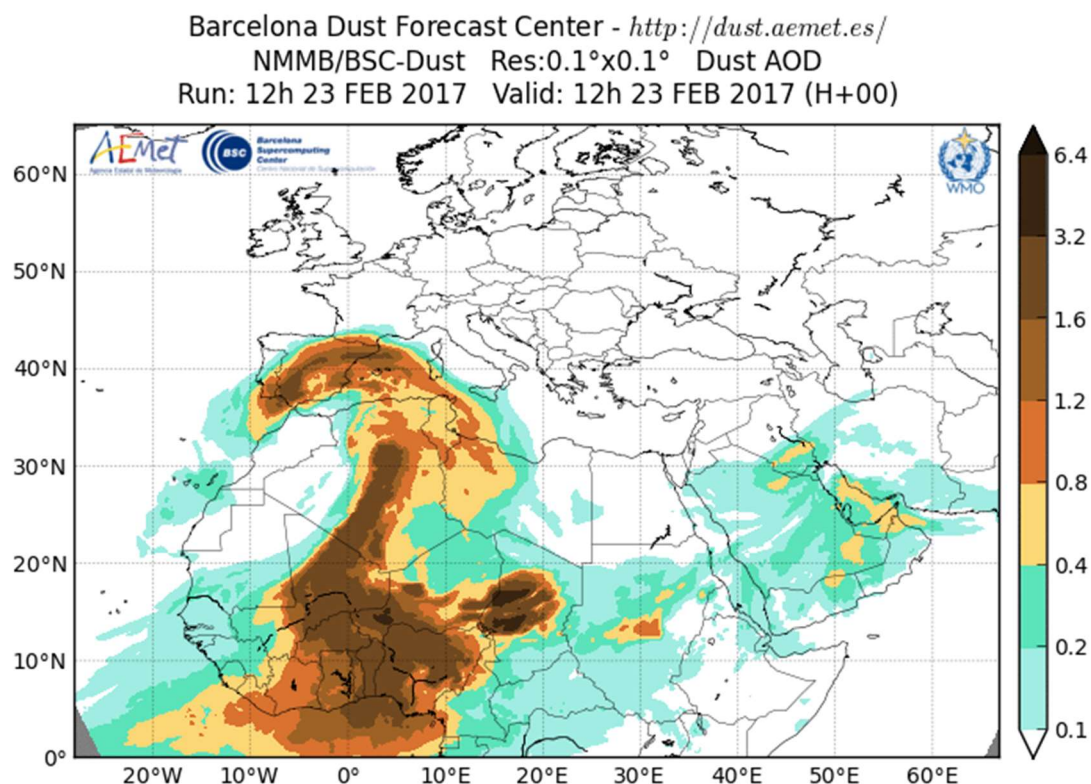


FIGURA 7: Exemple d'un dia amb una forta intrusió de pols sahariana expressada mitjançant l'índex AOD (Aerosol Optical Depth) de la pols atmosfèrica.

Font: Barcelona Dust Forecast Center.

#### 4.4. *Altres contaminants atmosfèrics*

La Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica té enregistrades dades de fins a 15 contaminants i du a terme pronòstics de la qualitat de l'aire. Els punts de mesura, 128 el 2017, es concentren a l'àrea metropolitana de Barcelona i el seu entorn i al Camp de Tarragona, en funció dels principals focus de contaminació urbana i industrial, encara que estan repartits per quinze zones de qualitat de l'aire que cobreixen el territori català. La mateixa font ofereix, des del 1995, resums anuals sobre la qualitat de l'aire.

En línies generals, els valors mitjans anuals permesos dels diferents contaminants no s'ultrapassen, però sí que s'excedeixen, els valors horaris admissibles d'alguns

contaminants, com els òxids de nitrogen i de sofre i les partícules PM10, en centres urbans i àrees industrials i en grans vies de comunicació, a més del cas especial de l'ozó ja tractat.

En el quadre 5 es presenta un resum de l'estat dels diferents contaminants atmosfèrics el 2017, de les àrees més contaminades i de l'evolució dels darrers anys.

QUADRE 5  
*Superació dels límits dels diferents contaminants atmosfèrics el 2017,  
 àrees més contaminades i tendències*

<i>Contaminant</i>	<i>Superació de límits i llindars el 2017</i>	<i>Àrees més contaminades 2017</i>	<i>Tendència</i>
Benzè (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) [COV]	No	Àrea de Barcelona, Camp de Taragona Vies de trànsit	En descens o estable
Clor (Cl <sub>2</sub> )	No	A prop de les indústries químiques	Estable
Clorur d'hidrogen (HCl)	No	A prop de refineries i d'algunes indústries químiques	Sense dades
Diòxid de nitrogen (NO <sub>2</sub> )	Sí (valor límit anual)	Àrea de Barcelona i Vallès - Baix Llobregat	Estable
Diòxid de sofre (SO <sub>2</sub> )	No	Valors baixos a tots els punts	En descens
Hidrocarburs aromàtics policíclics [HAP]	No	—	Estable
Metalls pesants (As, Cd, Ni, Pb)	No	Instal·lacions industrials. En general, valors baixos	En descens
Monòxid de carboni (CO)	No	Àrees urbanes amb trànsit dens. En general, valors baixos	En descens
Ozó troposfèric (O <sub>3</sub> )	Sí (lindar d'informació, valor objectiu de protecció de la salut humana i ídem de la vegetació)	Catalunya Central, Plana de Vic, comarques de Girona, l'Empordà i l'Alt Llobregat	Molt variable, segons el temps meteorològic
Partícules en suspensió [PM10 i PM2,5]	Sí PM10 (valor límit diari)	Plana de Vic i àrees urbanes amb trànsit dens	PM10 en descens PM2,5 estable.

Sulfur d'hidrogen (H <sub>2</sub> S)	Sí (objectius de qualitat de l'aire diari i semihorari)	Alguna indústria i planta de tractament d'aigües residuals; Igalada	Estable
---	---	--	---------

Font: Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA), Departament de Territori i Sostenibilitat.

En resum, la qualitat de l'aire en el conjunt de Catalunya ha millorat, amb dades fefaents, a l'última dècada o una mica més, encara que els llindars recomanats s'ultrapassen en el cas de l'NO<sub>2</sub> i les partícules PM10 a les àrees urbanes amb un trànsit més dens, l'O<sub>3</sub>, en el sector centreoriental del país, i puntualment en el cas del H<sub>2</sub>S.

Com es lògic els contaminants atmosfèrics són molt sensibles a les condicions meteorològiques, de manera que les seves concentracions a l'aire poden variar molt d'un dia a l'altre, i fins i tot les mitjanes o els llindars ultrapassats entre uns anys i uns altres. Així, el 2015, un any molt sec a gran part de Catalunya, mostra en diferents contaminants els valors mitjans més elevats de les sèries, en especial en partícules. I això és així perquè la pluja suposa un arrossegament cap al sòl de les partícules en suspensió. També els tipus de temps caracteritzats per vents forts produeixen un escombrat molt efectiu dels contaminants, mentre que les situacions anticiclòniques persistents, especialment les que porten inversions tèrmiques marcades, no permeten la difusió dels contaminants, que, acumulats a l'aire proper a la superfície, són la causa dels episodis d'alta contaminació atmosfèrica.

## 5. ALGUNES PROPOSTES I RECOMANACIONS

La progressiva urbanització de Catalunya, concretada en l'elevat percentatge de població que habita nuclis urbans, però, sobretot, en els canvis d'usos del sòl cap a superfícies desnaturalitzades —siguin cimentades, pavimentades, asfaltades, etc., és a dir, sòl urbà, suburbà, etc.—, ha portat a uns balanços energètics i hídrics molt diferents dels naturals en una part significativa del territori. Essencialment, els materials artificials són impermeables o semiimpermeables i tenen una calor específica elevada, de manera que quan plou produeixen uns escurriments abundosos i ràpids i un emmagatzemament de calor amb temps assolellat. Per revertir la situació, s'imposa el denominat *greening* o el

reverdiment de les ciutats, amb l'increment de l'arbrat i de la superfície de parcs i jardins, l'ús de cobertes verdes en els edificis i les cobertes i paviments frescos, la vianantització dels centres de les ciutats, la pacificació del trànsit rodat, etc. Tot això farà que la ciutat en conjunt i el medi natural circumdant de les àrees urbanes gaudeixi d'una millor salut o, com a mínim, pateixi menors impactes.

En aquest sentit, la proposta de superilles a les ciutats, com en el cas de Barcelona, porta a retornar a un cert estat de major naturalitat sectors urbans densament edificats, ja que reverdeixen i descongestionen parts de la ciutat. Això permet un esponjament de l'urbs, no sols amb l'espaiament dels elements construïts, sinó també amb la reducció del trànsit rodat, la disminució del soroll i altres efectes positius. En particular, les illes de calor urbanes, que durant les onades de calor comencen, com s'ha dit abans, a constituir un risc per a la salut humana, pel plus de calor que afegeixen a les condicions meteorològiques extremes, es veuran esmorteïdes amb les superilles i, en general, amb el reverdiment de les ciutats, com es pot comprovar a l'interior i a les proximitats dels parcs urbans existents.

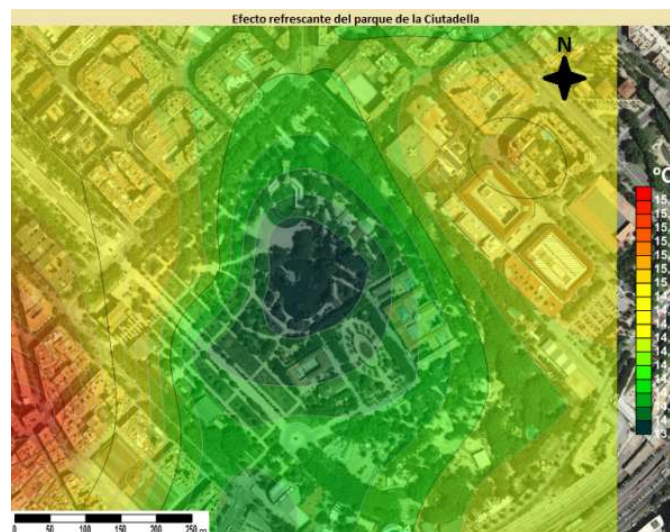


FIGURA 8. Efecte refrescant («illa de frescor»), d'uns 2 °C, del Parc de la Ciutadella de Barcelona en una nit (18.03.2015, 21:05 (UTC)).

Font: Martín-Vide *et al.* (2015).

La constant actualització i millora dels serveis meteorològics oficials de Catalunya, és a dir, el Servei Meteorològic de Catalunya (METEOCAT) i la delegació a Catalunya de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET), és fonamental per a dur a terme un seguiment precís de les situacions meteorològiques i disposar de l'evolució recent del



clima i la seva tendència futura. Això implica, com és lògic des del punt de vista científic i operatiu, la coordinació i col·laboració estreta entre el METEOCAT i l'AEMET, cosa que malauradament no passa des de fa un temps. El ciutadà desitja que els seus tècnics en meteorologia i climatologia li subministrin les prediccions del temps i les projeccions climàtiques més precises possibles, al marge de qualsevol divergència política entre l'Administració catalana i l'estatal. L'element humà de l'empresa pública catalana i de l'agència estatal té un alt nivell de preparació i de professionalitat i disposa de mitjans materials i instrumentals valuosos i adequats per a la seva tasca. Si això és així, qualsevol ingerència política, si no és per a millorar la relació entre els dos ens, és contrària als vertaders interessos del ciutadà. La col·laboració entre els dos serveis és obligada per tal d'optimitzar els recursos globals, evitant la duplicitat d'estacions meteorològiques en un mateix indret, o fins i tot radars molt pròxims, com en el cas dels instal·lats al puig Bernat (Baix Llobregat), del METEOCAT, i al puig d'Agulles (Alt Penedès - Baix Llobregat), de l'AEMET.

Malgrat que els recursos humans i materials del Servei Meteorològic de Catalunya i de l'Agència Estatal de Meteorologia a Catalunya són, com s'ha dit abans, molt estimables, la naturalesa de la seva activitat demana millores instrumentals continuades, al marge de l'obligada calibració de les estacions meteorològiques automàtiques, radars i altres equipaments, per a disposar de les eines tecnològiques més avançades i a ple rendiment. Per això sorgeix el desideràtum de disposar de pressupostos suficients per dur-ho a terme, cosa que revertirà en el mateix ciutadà. Cal tenir en compte que la tasca dels serveis meteorològics contribueix d'una manera molt clara a la disminució del risc d'origen atmosfèric i, per tant, a la seguretat de la població. Així mateix, els serveis meteorològics han de preveure programes regulars d'actualització formativa dels seus tècnics, amb la seva participació a cursos, congressos, etc.

Un interès especial té la densificació de les estacions meteorològiques en àrees de muntanya i poc poblades, tant pel seu valor natural com pel seu paper fonamental en la generació de recursos hídrics i ecosistèmics. L'escassetat de dades meteorològiques de l'alta muntanya pirinenca i d'altres punts del país limita el nostre coneixement sobre l'evolució futura del canvi climàtic, essent com són aquestes àrees molt sensibles a les noves condicions climàtiques. Cal esmentar especialment el cim del Montseny, on l'observatori meteorològic de primer ordre situat al turó de l'Home, pertanyent a la xarxa precedent de l'AEMET, va deixar lamentablement de funcionar fa uns quants anys. Les seves sèries climàtiques, que es remunten als anys trenta del segle XX, reflectien

perfectament el comportament de la baixa troposfera en el Prelitoral català, representatiu del sector septentrional de la conca de la Mediterrània occidental. Sèries, a més a més, homogènies per la cura en el registre dels seus valors i l'escassa alteració de l'entorn. L'estació automàtica de METEOCAT al cim veí de puig Sesolles, a 1.668 m, uns 40 m per sota del turó de l'Home, compensa en part la pèrdua de l'observatori primigeni. De tota manera, la decisió de tancar l'observatori de primer ordre, l'enfrontament polític entre institucions, les limitacions que imposa el respecte ambiental degut als nivells culminants del Montseny i altres fets van tirar per terra la continuïtat de les observacions completes al turó de l'Home. No s'hauria de repetir un cas similar en el futur. Les estacions meteorològiques amb sèries llargues, contínues, sistemàtiques i homogènies han de rebre la protecció adequada i la garantia de continuïtat, ja que les seves sèries climàtiques generen un patrimoni climàtic amb un valor científic molt alt. En aquest sentit, l'observatori Fabra, situat prop del Tibidabo (Barcelona), amb sèries contínues des del 1914, el 2018 va ser reconegut com a estació centenària per l'Organització Meteorològica Mundial, fet que avala la importància de l'observació precisa, sistemàtica i d'un període llarg.

La fenologia, a cavall entre l'ecologia i la meteorologia, s'ha de reforçar d'una manera decidida, ja que subministra informació interessant sobre autèntics bioindicadors climàtics, ara molt útils en el context del canvi climàtic. L'observació fenològica duta a terme per aficionats (la majoria són agricultors) constitueix, igual que la tasca dels observadors meteorològics no professionals, un bon exemple de ciència ciutadana si l'elaboració de les informacions i els registres per part dels tècnics retorna després als generadors de les dades.

A Catalunya hi ha una llarga tradició meteorològica, amb la implicació de nombrosos aficionats a l'observació del temps atmosfèric. Més encara, es podria parlar, sense perill d'exagerar, que hi ha passió per la meteorologia i el clima en àmplies capes de la població catalana. Hi ha un potencial humà considerable atent al curs dels estats de l'atmosfera i al seu registre. Avui en dia, amb les noves tecnologies, en especial les estacions meteorològiques automàtiques i les xarxes socials, s'ha teixit una xarxa densa de contactes entre interessats, que mantenen al minut la vigilància sobre fenòmens meteorològics extrems o especials i complementen la informació oficial. A més, els mitjans de comunicació, amb les seves elaborades seccions meteorològiques, asseguren l'atenció permanent i l'interès pel temps i el clima del gran públic, garantia de futur. Val la pena que els serveis meteorològics oficials cultivin les relacions amb l'associacionisme

meteorològic, amb els aficionats a l'observació del temps i amb les seccions meteorològiques dels mitjans de comunicació.

La contaminació atmosfèrica constitueix un problema ambiental sense fronteres, de manera que en el cas de diferents contaminants, d'una manera significativa l'ozó, la problemàtica no es limita a les àrees que concentren les emissions, sinó també a d'altres, a vegades allunyades de les primeres, per la dinàmica atmosfèrica o el caràcter de contaminant secundari d'alguns. És per això que es reconeix com a adequat el fet que la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica cobreixi raonablement tot el territori i no exclusivament les àrees industrials i urbanes. Els recursos necessaris per al funcionament correcte i la calibració regular de les estacions de control de contaminació atmosfèrica s'han de garantir, per tal de fer un seguiment sense descans i de disposar de sèries de dades com més llargues millor.

En ser el trànsit rodat una de les causes principals de contaminació atmosfèrica i, a una altra escala, el transport per carretera una de les fonts principals de CO<sub>2</sub> planetari, urgeix l'entrada en vigor de la prohibició de la circulació de vehicles de motor de combustió i dièsel i, en general, de l'ús de combustibles fòssils. La transició energètica ràpida es la via ineludible cap un model energètic net i sostenible.

La Llei 16/2017, de l'1 d'agost (2017), del canvi climàtic constitueix un instrument valuós per a afrontar decididament els reptes que planteja el canvi climàtic a Catalunya, junt amb la legislació de rang superior que sigui aplicable. Encara que en el seu articulat hi ha continguts més propis d'un reglament d'actualització freqüent, en funció del coneixement científic i de les conjuntures socioeconòmiques, la idea que impregna la llei que el canvi climàtic té implicacions en gran part dels sectors econòmics i que aquests han de respondre positivament a les accions proposades és capital. Resulta també una novetat un impost sobre les emissions directes de gasos amb efecte hivernacle per a les activitats econòmiques més contaminants. L'esperada llei espanyola de canvi climàtic i transició energètica, que duu un retard considerable, apunta a focalitzar encertadament la lluita contra el canvi climàtic en el canvi de model energètic per tal de complir els compromisos d'Espanya davant la Unió Europea derivats de l'Acord de París del desembre de 2015. No resultarà gens fàcil, tant a nivell català com estatal, arribar a les reduccions d'emissions de gasos d'efecte hivernacle plantejades i a l'objectiu màxim que a mitjan d'aquest segle el model energètic sigui renovable en la seva totalitat. És per això que, siguin quins siguin la conjuntura política interna i estatal i el context econòmic

mundial, hi ha d'haver un seguiment permanent del compliment de la llei catalana i de la futura llei espanyola.

Enllaçant amb el que hem dit fins ara, el foment de la recerca sobre el canvi climàtic a Catalunya ha de constituir una àrea prioritària d'investigació i ha de tenir un fons econòmic estructural de suport. Això vol dir el suport econòmic regular de les activitats del Grup d'Experts en Canvi Climàtic de Catalunya, del METROBS de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, del grup de Ciències de la Terra (Clima) del Barcelona Supercomputing Center, del Centre en Canvi Climàtic de la Universitat Rovira i Virgili, dels diferents grups d'investigació sobre el clima, des de perspectives molt variades i complementàries, de projectes de recerca afins, etc.

## BIBLIOGRAFIA

- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA [en línia]. <[www.aemet.es](http://www.aemet.es)>.
- BARCELONA DUST FORECAST CENTER [en línia]. <<https://dust.aemet.es/>>; <<https://ess.bsc.es/bsc-dust-daily-forecast>>.
- BASAGAÑA, X.; MARTÍNEZ, E.; PAAIJMANS, K.; SUNYER, J. (2016). «Salut». A: MARTÍN-VIDE, J. (coord.). *Tercer Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya: Institut d'Estudis Catalans, p. 437-464.
- DEPARTAMENT DE TERRITORI I SOSTENIBILITAT. Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA). Zones de qualitat de l'aire [en línia]. <[http://mediambient.gencat.cat/ca/05\\_ambits\\_dactuacio/atmosfera/qualitat\\_de\\_laيرة/avaluacio/](http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laيرة/avaluacio/)>.
- MARTÍN VIDE, J. (coord.) (2014). *La Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona i el seu Observatori Fabra, precursors de l'observació meteorològica moderna. Les sèries pluviomètriques centenàries*. Barcelona: Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona.
- MARTÍN VIDE, J. (2008). «La nueva realidad del calentamiento global. Un decálogo del cambio climático». *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales* [Barcelona: Universitat de Barcelona], vol. 12, núm. 270 (23).
- MARTÍN VIDE, J. (2016) (coord.): *Tercer Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya: Institut d'Estudis Catalans.
- MARTÍN VIDE, J. (2017): «Cambio climático y modificación local del clima en Barcelona». A: CORBELLA, D. (dir.). *L'aigua i l'espai públic. Anàlisi dels efectes del canvi climàtic*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona, p. 21-32.
- 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*. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona.
- MORENO, M.<sup>a</sup> C. (1990). *Estudio del clima urbano de Barcelona: La isla de calor*. Tesi doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA [en línia]. <[www.meteo.cat](http://www.meteo.cat)>.