

QUANT S'ESTÀ ESCALFANT EL MEDITERRANI?

Trenta-cinc anys d'observacions des de satèl·lit

MARÍA JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

L'escalfament global del planeta afecta especialment oceans i mars. Al mar Mediterrani, els registres oceanogràfics i meteorològics presos *in situ* juntament amb les observacions més recents des de satèl·lit evidencien un escalfament global estimat entre 0,6 i 1 °C durant les tres últimes dècades. En aquest article presentem els resultats de l'anàlisi d'una sèrie de 35 anys d'imatges tèrmiques mensuals en les conques occidentals del Mediterrani. Les dades indiquen un avançament i intensificació de l'estació estival: els estius són més llargs i intensos i els mesos de juny i juliol registren les majors taxes d'escalfament, amb increments de 0,6 °C/dècada.

Paraules clau: Mediterrani, escalfament global, canvi climàtic, geografia física, teledetecció.

■ EL MEDITERRANI, UN «OCEÀ EN MINIATURA»

El Mediterrani, una mar quasitancada emmarcada per tres continents, constitueix un escenari singular. Ocupa solament el 0,7 % de la superfície oceànica mundial i el 0,3 % del volum d'aigua, però ha estat considerada per molts autors com un «oceà en miniatura», un laboratori perfecte per a estudiar patrons climàtics i hidrològics (Bethoux et al., 1999), ja que gran part dels fenòmens observats en els oceans es produeixen també al Mediterrani. La configuració de la seua conca, amb grans contrastos topogràfics, i la seua posició intermèdia entre climes temperats i subtropicals fan d'aquesta mar un espai especialment sensible, per la qual cosa ha estat identificat com un dels punts calents (*hotspot*) del canvi climàtic.

El Mediterrani es defineix com una «conca de concentració» on les pèrdues hídriques per evaporació (*outputs*) superen els guanys (*inputs*) procedents de la precipitació i les aportacions fluvials. Aquest dèficit es compensa per l'intercanvi d'aigües marines de diferent salinitat amb l'oceà Atlàntic, a través de l'estret de Gibraltar i, en menor mesura, amb la mar Negra a través del Bòsfor. Per Gibraltar es produeix una entrada en superfície d'aigua atlàntica de menor densitat que progressa cap a la conca oriental i que va modificant les seues característiques en la seua trajectòria; en pro-

funditat, es produeix l'eixida d'aigua mediterrània més densa procedent de la part oriental de la conca.

La circulació general, descrita des dels inicis del segle xx, revist un caràcter termohalí,¹ això és, s'origina per les diferències de densitat entre les diferents masses d'aigua. S'estructura en tres capes (superficial, intermèdia i profunda) i mostra un patró ciclònic entorn de les subconques occidental i oriental (Figura 1).

El Mediterrani és també un dels pocs llocs en latituds mitjanes on es produeix la formació d'aigua profunda, un procés fonamental d'oxigenació de les capes profundes que té lloc a l'hivern al golf de Lleó i al nord de l'Adriàtic. En dècades recents, l'esquema de circulació general inicialment descrit ha estat revisat i s'hi han incorporat trets de la circulació de mesoescala i elements de variabilitat interanual a

la llum d'observacions i mesuraments cada vegada més extensos (Bergamasco i Malanotte-Rizzoli, 2010; Millot i Taupier-Letage, 2005).

En el balanç hidrològic de la conca, les aportacions fluvials constitueixen un factor rellevant. Solament sis conques hidrogràfiques superen una extensió de 50.000 km² (les del Nil, el Roine, l'Ebre, el Po, el

«El mar Mediterrani és un espai especialment sensible, per la qual cosa ha estat identificat com un dels punts calents del canvi climàtic»

¹ El terme *termohalí* fa referència a les característiques de temperatura i salinitat de les masses d'aigua que determinen la seua densitat.

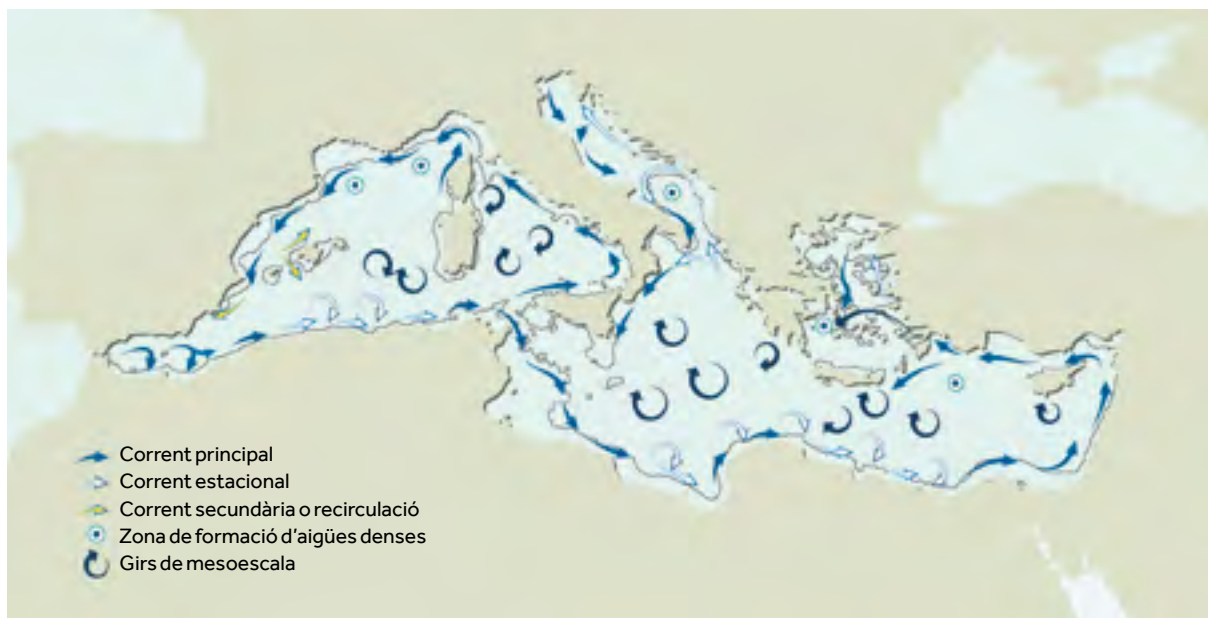


Figura 1. Esquema de la circulació superficial al Mediterrani (segons Millot i Taupier-Letage, 2005). La circulació general del Mediterrani s'origina per les diferències de densitat entre les diferents masses d'aigua. S'estructura en tres capes (superficial, intermèdia i profunda) i mostra un patró ciclònic entorn de les subconques occidental i oriental.

FONT: UN Environmental Programme. GRID-Arendal. <https://www.grida.no/resources/5915>

Muluia i l'Evros) i quinze més, els 10.000 km²; la resta són petites i mitjanes amb un règim efímer i torrencial. Aquest caràcter torrencial dels rius, i el clima mediterrani caracteritzat per episodis de pluja de gran intensitat, produeixen amb freqüència crescudes i inundacions de gran impacte per a les societats humanes. En les últimes dècades s'ha constatat una disminució de les aportacions fluvials a la conca deguda a causes climàtiques, però fonamentalment antròpiques, per la construcció d'embassaments i l'increment del consum agrícola. La disminució en les aportacions fluvials s'apunta com un dels factors, entre altres, que explicaria l'increment recent de salinitat en les aigües profundes (García-Martínez, Vargas-Yáñez, Moya, Zunino i Bautista, 2018).

Els principals problemes mediambientals que identifiquem en la conca mediterrània guarden relació directa o indirecta amb la climatologia i la hidrologia de la mateixa conca: l'escassetat de recursos hídrics, la freqüència d'inundacions per la intensificació de precipitacions extremes, els processos d'erosió i degradació costanera, la contaminació de les aigües per abocaments urbans i industrials i els incendis forestals. La pressió humana a les riberes del Mediterrani –intensificada en dècades recents– s'ha produït sense tenir en compte que la mar

Mediterrània és un sistema ambiental on interactuen múltiples factors; qualsevol alteració causa impactes en el funcionament global les conseqüències dels quals estem lluny d'avaluar.

■ ESCALFAMENT RECENT D'OCEANS I MARS

En l'actualitat hi ha acord en la comunitat científica sobre l'escalfament del planeta atribuït a l'increment del CO₂ atmosfèric, especialment evident en les quatre últimes dècades. El *Cinquè informe d'avaluació (AR5)* del Grup Intergovernamental de Canvi Climàtic (IPCC, en les seues sigles en anglès) assenyala un escalfament global de 0,85 °C en el període 1889-2012 (IPCC, 2013). A escala planetària, s'ha estimat que entre 1970 i 2010 els oceans han acumulat més del 90% de l'increment d'energia en el sistema climàtic. L'escalfament global és manifest en la capa superficial fins a 75 m, on s'ha calculat una taxa mitjana d'increment tèrmic de 0,11 °C/dècada.

No és fàcil identificar tendències temporals en els ecosistemes marins per a avaluar l'impacte que els canvis ambientals, inclòs el canvi climàtic, hi estan tenint. L'escassetat de registres *in situ* per a sèries temporals

«Els principals problemes mediambientals que identifiquem al Mediterrani guarden relació amb la climatologia i la hidrologia de la conca»



llargues procedents d'estacions marines i campanyes oceanogràfiques, així com les diferències en la instrumentació i la metodologia emprada en la presa de dades, dificulten les anàlisis retrospectives. Les taxes calculades varien depenent de l'escala espacial (global, regional o local), de la zona analitzada i del període de temps referit.

Diversos autors, a partir de les bases de dades de temperatura superficial de la mar (SST per les sigles en anglès de *sea surface temperature*) recopilades en el Centre Hadley de l'Oficina Meteorològica del Regne Unit, identifiquen un període de descens de temperatura entre 1948 i 1970 seguit d'un període d'escalfament accelerat des de llavors (Belkin, 2009; Trenberth et al., 2007). Segons aquests autors, en el període de 1982 a 2006 la temperatura superficial al Mediterrani es va incrementar 0,71 °C, la qual cosa converteix aquesta mar en una de les àrees del planeta (juntament amb la mar Bàltica, mar del Nord, mar del Japó i mar de la Xina) catalogada d'«escalfament ràpid», amb taxes que multipliquen per 2-4 la mitjana global.

Els informes recents del Servei de Vigilància Mediambiental Marina Copernicus (CMEMS, en les seues sigles en anglès), a partir de les observacions (*in situ* i de satèl·lit) disponibles (Von Schuckmann et al., 2018), assenyalen un escalfament global en els oceans des de 1993 de 0,016 °C/any, amb xifres molt superiors en el cas del Mediterrani (0,04 °C/any).

En el Mediterrani peninsular tampoc hi ha dubte de l'increment de temperatura i salinitat tant en les capes superficials com les intermèdies i profundes. L'últim informe *Cambio climático en el Mediterráneo español* (Vargas-Yáñez et al., 2010) indica un augment mitjà de la temperatura superficial de la mar per al període 1948-2005, que varia entre 0 i 0,5 °C segons la zona del litoral mediterrani; en profunditats intermèdies (200-600 m) l'augment es calcula entre 0,05 i 0,2 °C i en les capes profundes, entre 0,03 i 0,1 °C. Si bé l'increment en les capes profundes podria semblar menor, atesa l'alta calor específica de la mar, increments petits impliquen que la mar ha absorbit enormes quantitats de calor. Aquest escalfament s'aprecia especialment a partir de la dècada dels setanta.

Els registres sistemàtics d'observació marítima en el Mediterrani peninsular es van implantar, en la major part, a partir de la dècada dels noranta, amb l'excepció de l'estació oceanogràfica de l'Estartit. Aquesta estació –situada en la plataforma continental catalana a 4 km de

«La pressió humana al Mediterrani s'ha produït sense tenir en compte que la mar és un sistema ambiental on interactuen múltiples factors»

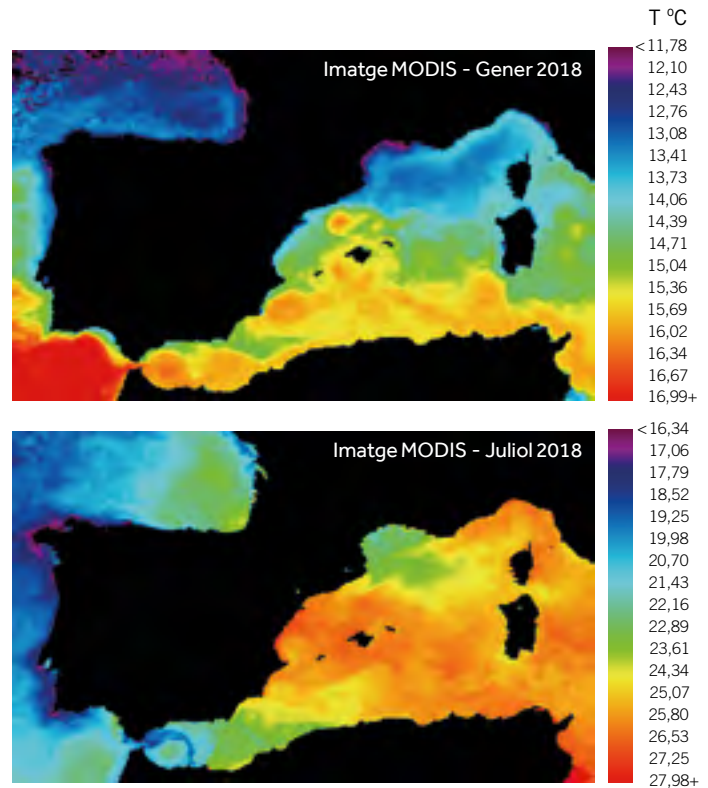


Figura 2. Exemple d'imatge típica hivernal (gener de 2018) i estival (juliol de 2018) de la temperatura de les aigües del Mediterrani. A l'hivern s'observa un gradient latitudinal nord-sud (~4 °C) entre les aigües més fredes en la conca septentrional i més càlides en la d'Alborán. A l'estiu, la variabilitat espacial de la temperatura és major (~9 °C) i es registra un elevat escalfament en les conques centrals. La imatge mostra la zona d'estudi analitzada.

FONT: Imatges procedents de NASA EOSDIS PO.DAAC (<http://podaac.jpl.nasa.gov/>) processades per l'autora.

la costa– comprèn la sèrie oceanogràfica ininterrompuda més llarga del Mediterrani, ja que registra dades des de la dècada dels setanta. A partir d'aquestes observacions, Salat, Pascual, Flexas, Chin i Vazquez-Cuervo (2019) assenyalen una taxa d'escalfament de 0,03 °C/any en les capes superficials, amb valors superiors (0,09 °C/any) registrats

en l'última dècada. Els mateixos autors també identifiquen variacions estacionals, amb taxes més elevades en la primavera (0,039 °C/any).

■ QUÈ ENS DIUEN ELS SATÈL·LITS D'OBSERVACIÓ SOBRE EL MEDITERRANI?

A partir dels anys vuitanta, les imatges tèrmiques obtingudes pel sensor Advanced Very High Resolution

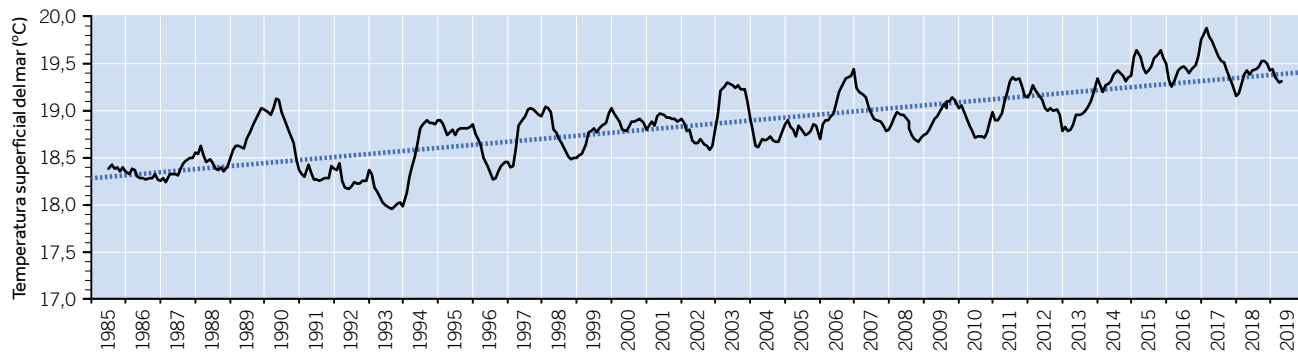


Figura 3. Evolució de la temperatura superficial de la mar en les conques liguiprovençal, balear, algeriana i d'Alborán per al període 1985-2019 a partir d'imatges tèrmiques dels satèl·lits NOAA i MODIS. La taxa d'escalfament mitjà obtinguda és de 0,03 °C/any.

Radiòmetre (AVHRR) a bord dels satèl·lits NOAA van proporcionar una visió sinòptica i contínua que complementa els registres *in situ*. La radiació que registren els sensors es considera representativa de la temperatura superficial de la mar, un paràmetre clau en els estudis climàtics. Amb el temps, s'han sumat altres sensors com el Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) que permeten derivar la temperatura superficial de la mar i altres paràmetres oceanogràfics amb precisió.

En els inicis de la teledetecció espacial a Espanya, la tesi doctoral *La temperatura del mar Balear a partir de imatges de satèl·lite* (López García, 1991) producte de la col·laboració entre el Departament de Geografia i la Unitat de Teledetecció del Departament de Termodinàmica de la Universitat de València, va mostrar el potencial de les imatges tèrmiques per al coneixement de la hidrologia del Mediterrani i va marcar l'inici de la investigació que ací es presenta. Trenta anys més tard —comprovada àmpliament la viabilitat de les imatges— la disponibilitat de sèries d'imatges de qualitat i longitud suficient i la possibilitat de contrastar els resultats amb les dades obtingudes per altres autors, ens han permès confirmar les tendències assenyalades en anteriors publicacions (López García, 2015; López García i Camarasa, 2011). A continuació es presenta una síntesi actualitzada d'aquestes investigacions.

Diversos estudis (López García i Camarasa, 2011; Mohamed, Abdallah, El-Din, Nagy i Shaltout, 2019; Nykjaer, 2009; Shaltout i Omstedt, 2014; Skliris et al., 2012) basats en dades de satèl·lit apunten taxes d'escalfament del Mediterrani que oscil·len entre 0,015 i 0,04 °C/any depenent de la regió i període de temps considerats. Els valors més alts (0,05 °C/any) s'identifiquen en el Mediterrani oriental. Sintetitzant, pot afirmar-se

«En les tres últimes dècades, el Mediterrani ha experimentat un augment de la temperatura superficial global estimat entre 0,6-1 °C»

que, en les tres últimes dècades, el mar Mediterrani ha experimentat un augment de la temperatura superficial global estimat entre 0,6-1 °C. Algunes prediccions sobre la base d'aquestes dades, i tenint en compte les tendències dels últims anys, alerten d'un increment que podria arribar fins als 5,8 °C per a 2100 (Sakalli, 2017).

La nostra anàlisi, centrada en les conques liguiprovençal, balear, algeriana i d'Alborán del Mediterrani occidental, abasta la sèrie d'imatges tèrmiques mensuals disponible des de gener de 1985 actualitzada fins a octubre de 2019.²

La corba estacional mitjana obtinguda per a la sèrie analitzada i en el conjunt de la zona assenjala el mínim mensual al febrer (14 °C) i el màxim a l'agost (25 °C). No obstant això, alguns anys (agost de 2003, setembre de 2009 i agost de 2018) s'han registrat valors mensuals superiors a 28 °C en alguns punts de la conca. La Figura 2 presenta, a tall d'exemple, la variabilitat espacial de la temperatura a l'hivern i a l'estiu en les diferents subconques. La situació típica hivernal mostra un clar gradient latitudinal amb aigües més fredes a la conca liguiprovençal i més càlides a la d'Alborán. La situació estival es caracteritza per l'escalfament de les conques centrals (balear i algeriana) mentre que les aigües d'influència atlàntica a Alborán són sempre comparativament més fredes.

² Per al període 1985-2009 es van utilitzar les imatges del satèl·lit NOAA-AVHRR procedents de l'arxiu Pathfinder del Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC) v.5 i per al període 2000-2019, les imatges del sensor MODIS-Terra Level 3 v2014. En els dos casos, es van analitzar imatges nocturnes, amb resolució espacial de 4 km, corregides mitjançant els algorismes testats i validats per la NASA. Les dades estan disponibles en línia en el Jet Propulsion Laboratory (NASA) (<http://podaac.jpl.nasa.gov/>). La disponibilitat de dades per al període 2000-2009 procedents de totes dues fonts i la seua elevada correlació ($r^2=0,99$) va permetre l'homogeneïtzació de la sèrie (López García, 2020).



L'escalfament recent del Mediterrani resulta evident quan s'observa la corba d'evolució obtinguda per al període 1985-2019 (Figura 3). El gràfic representa la temperatura mitjana calculada per a totes les conques en cada mes. S'ha aplicat una mitjana mòbil de 12 per a filtrar l'efecte estacional. La taxa de variació resultant per al conjunt de les conques és de 0,03 °C/any, la qual cosa suposa un increment total de la temperatura d'aproximadament 1 °C en les dècades analitzades.

■ ESTIUS MÉS LLARGS I CÀLIDS

El càlcul de les taxes d'escalfament per mesos va evidenciar diferències estacionals que oscil·len entre valors mínims a l'hivern (~0,01 °C/any al febrer i març) i màxims a la primavera-estiu (~0,06 °C/any al juny i juliol) (Figura 4). Aquestes dades confirmen els resultats ja publicats (López García, 2015) que indicaven que l'escalfament al Mediterrani es produeix fonamentalment durant els mesos de primavera-estiu, la qual cosa implica canvis en la corba estacional. Si l'escalfament de la mar en els últims 35 anys s'estima aproximadament en 1 °C, la veritat és que aquest increment s'ha produït fonamentalment en els mesos juny i juliol quan la temperatura ha augmentat quasi 2 °C.

Les variacions en la corba estacional es poden observar més clarament en la Figura 5 on s'han representat les corbes estacionals mitjanes calculades per als períodes 1985-1999 i 2000-2019, juntament amb els increments de temperatura mensuals entre els dos períodes en valors absoluts. En la dècada inicial (1985-1999) solament es van superar els 24 °C de mitjana el mes d'agost, mentre que en les dècades recents (2000-2019) es van superar els 24 °C de mitjana en tres mesos (juliol, agost i setembre), i es van registrar mitjanes mensuals pròxi-

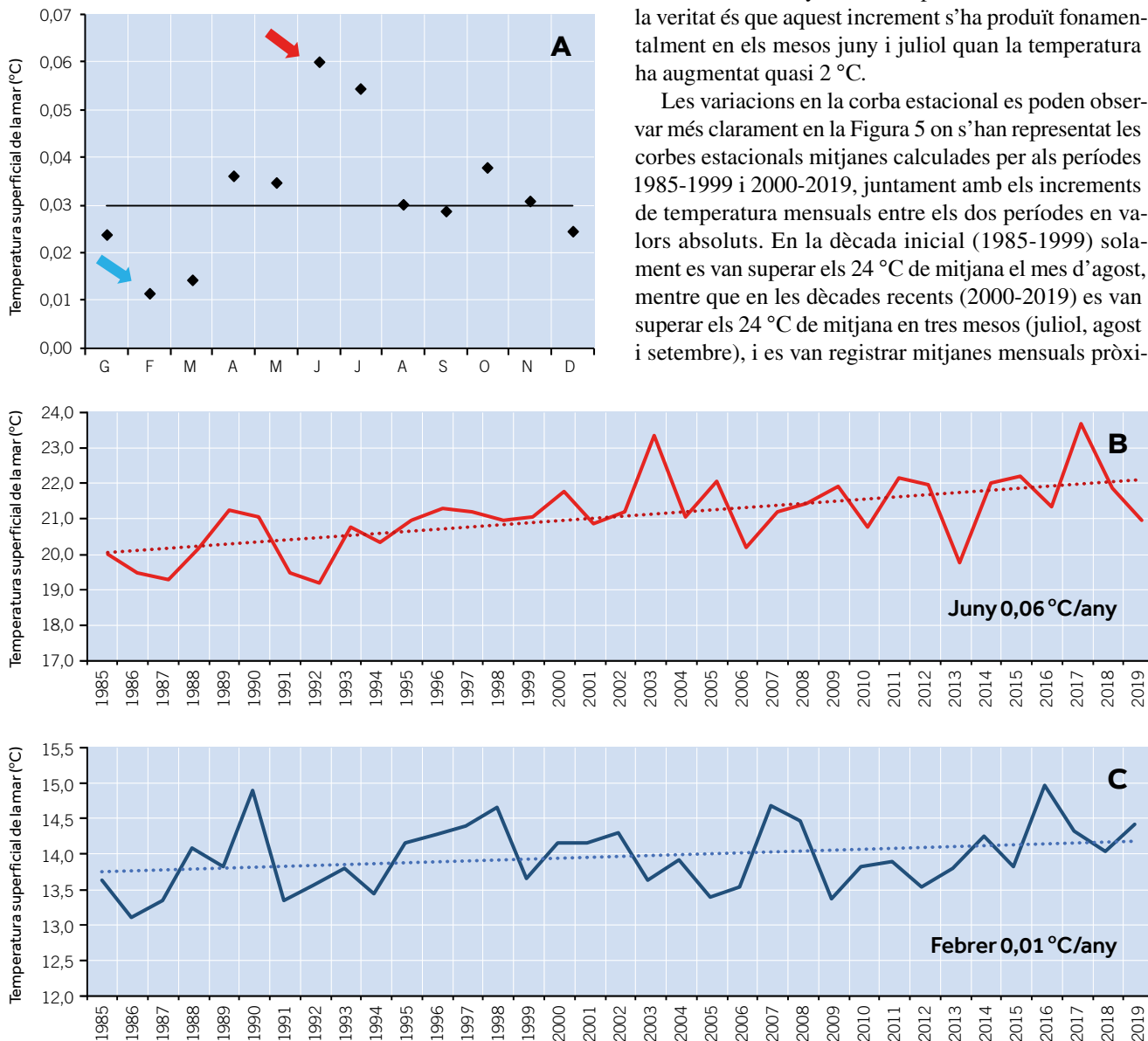


Figura 4. El gràfic **A** representa les taxes de variació (°C/any) de la temperatura superficial de la mar (o SST per les seues sigles en anglès) calculades segons els mesos. Els valors més baixos es produeixen a l'hivern (febrer i març) i els màxims a la primavera-estiu (juny i juliol). La línia horitzontal assenjala la taxa mitjana anual (0,03 °C/any). Totes les tendències són significatives (els valors de *p* oscil·len entre <0,0001 i 0,034) a excepció del mes de febrer, que no va ser estadísticament significatiu. Els gràfics **B** i **C** representen els ajustos temporals per als mesos de juny i febrer.

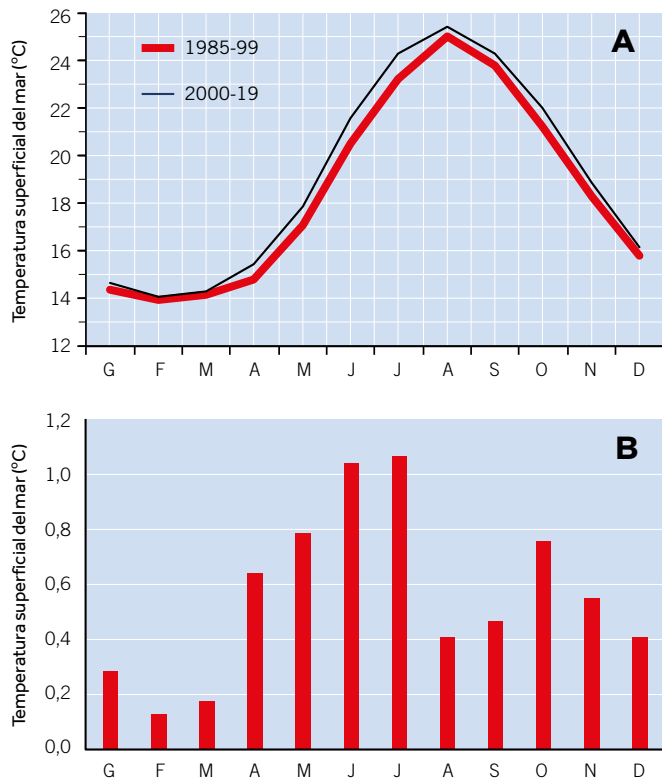


Figura 5. **A)** Corbes estacionals mitjanes de la temperatura superficial de la mar per als períodes 1985-1999 i 2000-2019. **B)** Increment de temperatura per mesos entre els dos períodes. Els canvis en la corba estacional evidencien l'avançament i prolongació de l'estiu, amb increments de temperatura d'1 °C a l'estiu i de 0,5 °C a la tardor entre els dos períodes.

mes a 27 °C a l'agost de 2003 i 2018. Aquests resultats evidencien l'avançament de l'estació estival i també la seua intensificació, amb increments de temperatura en les dues últimes dècades a la primavera-estiu (~1 °C) i a la tardor (~0,7 °C).

■ CONCLUSIÓ

L'anàlisi realitzada en les conques occidentals del Mediterrani constata un ràpid escalfament en les tres últimes dècades, amb una taxa mitjana de 0,03 °C/any que arriba a valors superiors segons la regió del Mediterrani analitzada. Aquestes xifres concorden amb les publicades recentment per altres autors i confirmen les tendències apuntades en estudis previs referits al període 1985-2009 (López García, 2015). L'escalfament al Mediterrani peninsular s'està produint fonamentalment en els mesos de primavera-estiu i tardor, i s'aprecia una tendència clara a l'avançament, prolongació i intensificació de l'estiu.

Les conseqüències de l'escalfament del Mediterrani (Figura 6) en aspectes com la pujada del nivell de la mar,

la possible alteració dels patrons de circulació marina, l'abundància, distribució i estructura d'espècies marines o la freqüència i intensificació de processos atmosfèrics com les DANA (Depressions Aïllades en Nivells Alts) són objecte d'interès i investigació per part de la comunitat científica, com ha posat de manifest l'informe especial de l'IPCC titulat *El océano y la criosfera en un clima cambiante* (25 setembre 2019). Si bé la causalitat i atribució d'aquestes conseqüències al canvi climàtic continua sent difícil de destriar, existeix un consens creient pel que fa a l'escalfament, que no és una projecció de futur sinó una realitat evident.

És procedent la reflexió sobre el paper de l'ésser humà com a principal agent inductor d'aquest escalfament, però també de la seua responsabilitat en els múltiples processos que han alterat les riberes del Mediterrani i la mateixa mar: la urbanització desmesurada del litoral i l'alteració dels ecosistemes naturals litorals, la intensificació agrària i sobreexplotació d'aqüífers, la contaminació fluvial i marina i la sobreexplotació pesquera, entre altres actuacions, afecten i acceleren els impactes



Figura 6. Les conseqüències de l'escalfament del Mediterrani en aspectes com la pujada del nivell de la mar, la intensificació de processos atmosfèrics com les DANA (Depressions Aïllades en Nivells Alts) són objecte d'interès i investigació per part de la comunitat científica. En la imatge, conseqüències a Barcelona del temporal Glòria, que va afectar la costa mediterrània a principis de 2020.



que no han de ser atribuïts solament a l'escalfament de la mar. És necessària una presa de consciència clara i la implantació d'actuacions immediates que permeten frenar i mitigar els problemes ambientals a què ens enfrontem. ☺

REFERÈNCIES

- Belkin, I. (2009). Rapid warming of large marine ecosystems. *Progress in Oceanography*, 51(1-4), 207-213. doi: [10.1016/j.pocean.2009.04.011](https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.04.011)
- Bergamasco, A., & Malanotte-Rizzoli, P. (2010). The circulation of the Mediterranean Sea: A historical review of experimental investigations. *Advances in Oceanography and Limnology*, 1(1), 11-28. doi: [10.1080/19475721.2010.491656](https://doi.org/10.1080/19475721.2010.491656)
- Bethoux, J. P., Gentili, B., Morin, P., Nicolas, E., Pierre, C., & Ruiz-Pino, D. (1999). The Mediterranean Sea: A miniature ocean for climatic and environmental studies and a key for the climatic functioning of the North Atlantic. *Progress in Oceanography*, 44(1-3), 131-146. doi: [10.1016/S0079-6611\(99\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(99)00023-3)
- García-Martínez, M. C., Vargas-Yáñez, M., Moya, F., Zunino, P., & Bautista, B. (2018). The effects of climate change and rivers damming in the Mediterranean Sea during the twentieth century. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 8(4), 555741. doi: [10.19080/IJESNR.2018.08.555741](https://doi.org/10.19080/IJESNR.2018.08.555741)
- IPCC. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working Group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental*

- Panel on Climate Change*. Cambridge, UK / Nova York, NY, EUA: Cambridge University Press.
- López García, M. J. (1991). *La temperatura superficial del mar Balear a partir de imàgenes de satèl·lit* (tesis doctoral). Universitat de València, Espanya.
- López García, M. J. (2015). Recent warming in the Balearic Sea and Spanish Mediterranean coast. Towards an earlier and longer summer. *Atmosfera*, 28(3), 149-160. doi: [10.20937/ATM.2015.28.03.01](https://doi.org/10.20937/ATM.2015.28.03.01)
- López García, M. J. (2020). SST Comparison of AVHRR and MODIS Time Series in the Western Mediterranean Sea. *Remote Sensing*, 12(14), 2241. doi: [10.3390/rs12142241](https://doi.org/10.3390/rs12142241)
- López García, M. J., & Camarasa, A. M. (2011). Recent trends of SST in the Western Mediterranean basins from AVHRR Pathfinder data (1985-2007). *Global Planetary Change*, 78(3-4), 127-136. doi: [10.1016/j.gloplacha.2011.06.001](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.06.001)
- Millot, C., & Taupier-Letage, I. (2005). Circulation in the Mediterranean Sea. En A. Saliot (Ed.), *The Mediterranean Sea. Handbook of environmental chemistry* (vol. 5K, p. 29-66). Berlín, Heidelberg: Springer. doi: [10.1007/b107143](https://doi.org/10.1007/b107143)
- Mohamed, B., Abdallah, A. M., El-Din, K. A., Nagy, H., & Shaltout, M. (2019). Inter-annual variability and trends of sea level and sea surface temperature in the Mediterranean Sea over the last 25 years. *Pure Applied Geophysics*, 176(8), 3787-3810. doi: [10.1007/s00024-019-02223-2](https://doi.org/10.1007/s00024-019-02223-2)
- Nykjaer, L. (2009). Mediterranean Sea surface warming 1985-2006. *Climate Research*, 39, 11-17. doi: [10.3354/cr00794](https://doi.org/10.3354/cr00794)
- Sakalli, A. (2017). Sea surface temperature change in the Mediterranean Sea under climate change: A linear model for simulation of the sea surface temperature up to 2100. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(1), 707-716. doi: [10.15666/aeer/1501_707716](https://doi.org/10.15666/aeer/1501_707716)
- Salat, J., Pascual, J., Flexas, M., Chin, T. M., & Vazquez-Cuervo, J. (2019). Forty-five years of oceanographic and meteorological observations at a coastal station in the NW Mediterranean: A ground truth for satellite observations. *Ocean Dynamics*, 69, 1067-1084. doi: [10.1007/s10236-019-01285-z](https://doi.org/10.1007/s10236-019-01285-z)
- Shaltout, M., & Omstedt, A. (2014). Recent sea surface temperature trends and future scenarios for the Mediterranean Sea. *Oceanologica*, 56(3), 411-443. doi: [10.5697/oc.56-3.411](https://doi.org/10.5697/oc.56-3.411)
- Skliris, N., Sofianos, S., Gkanasos, A., Mantziafou, A., Vervatis, V., Axaopoulos, P., & Lascaratos, A. (2012). Decadal scale variability of sea surface temperature in the Mediterranean Sea in relation to atmospheric variability. *Ocean Dynamics*, 62, 13-20. doi: [10.1007/s10236-011-0493-5](https://doi.org/10.1007/s10236-011-0493-5)
- Trenberth, K. E., Jones, P. D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Tank, K., ... Zhai, P. (2007). Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. En S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, ... H. L. Miller (Eds.), *Climate change 2007: The physical science basis* (p. 235-336). Cambridge, Regne Unit i Nova York: Cambridge University Press.
- Vargas-Yáñez, M., García, M. C., Moya, F., Tel, E., Parrilla, G., Plaza, F., ... García, M. J. (2010). *Cambio climático en el Mediterráneo español*. Temas de Oceanografía, 3 (2ª ed). Madrid: Instituto Español de Oceanografía y Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Von Schuckmann, K., Le Traon, P. Y., Smith, N., Pascual, A., Brasseur, P., Fennel, K. & Djavidnia, S. (Eds). (2018). Copernicus marine service ocean state report. *Journal of Operational Oceanography*, 11(sup1), S1-S142. doi: [10.1080/1755876X.2018.1489208](https://doi.org/10.1080/1755876X.2018.1489208)

AGRAÏMENTS

Totes les imatges de satèl·lit utilitzades en aquesta investigació han estat proporcionades gratuïtament per la NASA a través de l'Earth Science Data and Information System (ESDIS) y el Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC) del Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA. L'autora agraeix les dades proporcionades i l'assistència tècnica rebuda.

MARÍA JOSÉ LÓPEZ GARCÍA. Catedràtica de Geografia Física del Departament de Geografia de la Universitat de València (Espanya), especialitzada en tecnologies de la informació geogràfica. La seua investigació se centra en el desenvolupament de metodologies i aplicacions de la teledetecció espacial per a l'anàlisi del canvi global en àmbits mediterranis, especialment la variabilitat espaciotemporal de la temperatura del mar, la qualitat d'aigües i els canvis dels usos del sòl. Ha realitzat estàncies de recerca en el Departament de Geografia de la University of Bristol, en el d'Océanologie de Marsella (IFREMER) i en el King's College de Londres, i col·laborat en diversos projectes de recerca d'àmbit autonòmic, nacional i europeu. ✉ maria.j.lopez@uv.es

«Existeix un consens creixent
que l'escalfament no és una projecció
de futur sinó una realitat evident»

