

En l'elaboració d'aquest capítol han participat:  
Raquel Vaquer-Sunyer, Natalia Barrientos, Marta Marcos i Damià Gomis.

# Nivell de la mar

L'escalfament global està produint un augment del nivell de la mar a tot el planeta, que globalment es deu a la fusió del gel de les glaceres i dels casquets polars, i en menor mesura, a l'expansió tèrmica dels oceans. Aquesta pujada del nivell de la mar s'ha accelerat els darrers quaranta anys.<sup>1</sup> S'ha estimat que com a mínim el 45 % de l'increment observat des de l'inici del segle xx té un origen antropogènic.<sup>2</sup>

Les Illes són especialment vulnerables a la pujada del nivell de la mar perquè tenen molta longitud de costa. Un estudi que té en compte tant la pujada del nivell de la mar com les ones, prediu que les platges de les Balears retrocediran entre 7 i 50 metres a final de segle, en funció de la seva configuració, fet que equivaldrà a una reducció a la meitat de la superfície aèria de les platges.<sup>3</sup> El retrocés de la línia de costa té conseqüències tant ambientals com socioeconòmiques. La població es concentra a la costa, i una pujada del nivell de la mar abocaria les infraestructures i les edificacions costaneres a una major exposició a fenòmens extrems i a inundar-se. L'impacte de la pujada del nivell de la mar ha esdevingut una preocupació creixent, sobretot a zones on l'economia depèn del turisme de sol i platja i d'altres activitats a vorera de mar.

## METODOLOGIA

Les dades *in situ* del nivell de la mar provenen dels registres dels mareògrafs. La majoria d'aquests registres són transmesos al Servei Permanent del Nivell Mitjà de la Mar (PSMSL en les seves sigles en anglès: <https://www.psmsl.org>).<sup>4</sup> El PSMSL s'encarrega de recollir, publicar, analitzar i interpretar les dades de la xarxa global de mareògrafs. Els valors de referència vertical de les sèries de nivell de la mar que es presenten són diferents per a cada estació, i estan definits de manera que el nivell de referència quedi uns 7 m per davall del valor mitjà del nivell de la mar per aquella estació.

Aquí s'han seleccionat les mitjanes anuals de l'estació de Marsella, perquè és la sèrie més llarga (més de 100 anys) de la mar Mediterrània occi-

dental i es considera representativa d'aquesta conca. Les dades de l'estació de Marsella dels anys 2022 i 2023 provenen de la Universitat de Hawaii (<https://uhslc.soest.hawaii.edu/datainfo>),<sup>5</sup> perquè el PSMSL no les té actualitzades.

Al gràfic de Marsella s'ha superposat una reconstrucció de la mitjana del nivell de la mar calculada per a la Mediterrània occidental per Dangendorf i col·laboradors.<sup>1</sup>

Les dades de les projeccions futures de la pujada del nivell de la mar provenen del sisè informe de l'IPCC.<sup>6-8</sup> En aquest treball es fan projeccions i agregacions de les components individuals de pujada del nivell de la mar en un marc probabilístic, utilitzant models dinàmics per a les components oceàniques i atmosfèriques, i ara mateix és capdavanter quant a projeccions d'aquesta variable. En concret, s'hi consideren: la pèrdua de massa d'aigua de les capes de gel de Groenlàndia i l'Antàrtida (incloent-hi glaceres i balanç de massa superficial), les glaceres continentals, l'expansió tèrmica global i regional i els efectes dinàmics oceànics, les reserves d'aigua continental i els patrons geogràfics causats per la redistribució de massa sobre la superfície del planeta (és a dir, causats per canvis en el camp gravitatori i en la rotació com a resultat de la fusió dels gels).<sup>6-8</sup>

Les projeccions de pujada del nivell de la mar s'han fet per a dues trajectòries socioeconòmiques compartides (SSP en les seves sigles en anglès): un escenari d'estabilització de concentracions de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) atmosfèric (SSP2-4,5) i un altre amb emissions de CO<sub>2</sub> elevades (SSP5-8,5), ambdós definits al sisè informe del Grup Intergovernamental sobre Canvi Climàtic (IPCC en les seves sigles en anglès).<sup>6</sup>

## QUÈ ÉS?

El nivell de la mar es defineix aquí com l'altura de la mar amb relació a la costa. Com que aquesta altura varia a causa dels efectes de l'onatge i les marees, es pren com a referència el nivell mitjà. El nivell de la mar es mesura amb mareògrafs, que són unes instal·lacions que permeten mesurar-lo respecte del punt de terra on estan instal·lats, normalment filtrant l'efecte de les ones. Des de satèl·lits es pot mesurar el nivell de la mar absolut (referit a una superfície imaginària o el·lipsoide de referència); en aquest cas, per referir-lo a la costa també se n'han de mesurar els eventuais moviments verticals.

## METODOLOGIA

Les dades del nivell de la mar dels mareògrafs provenen del Servei Permanent del Nivell Mitjà de la Mar (PSMSL en les seves sigles en anglès: <https://www.psmsl.org>).<sup>4</sup> Les dades de l'estació de Marsella dels anys 2022 i 2023 provenen de la Universitat de Hawaii (<https://uhslc.soest.hawaii.edu/datainfo>).<sup>5</sup> Concretament, es mostren les mitjanes anuals de l'estació de Marsella, que es considera representativa de la Mediterrània occidental.

Les dades de les projeccions futures de la pujada del nivell de la mar (segle XXI) provenen del sisè informe de l'IPCC.<sup>6-8</sup>

## RESULTATS

La pujada del nivell de la mar a la Mediterrània occidental s'ha accelerat. Concretament, ha augmentat 1,33 mm/any els últims 139 anys (increment acumulat de 18,5 cm durant aquest període). Els darrers 43 anys l'augment ha estat de 2,84 mm/any, i els últims 30 de 2,88 mm/any, coherent amb una acceleració del ritme de pujada.

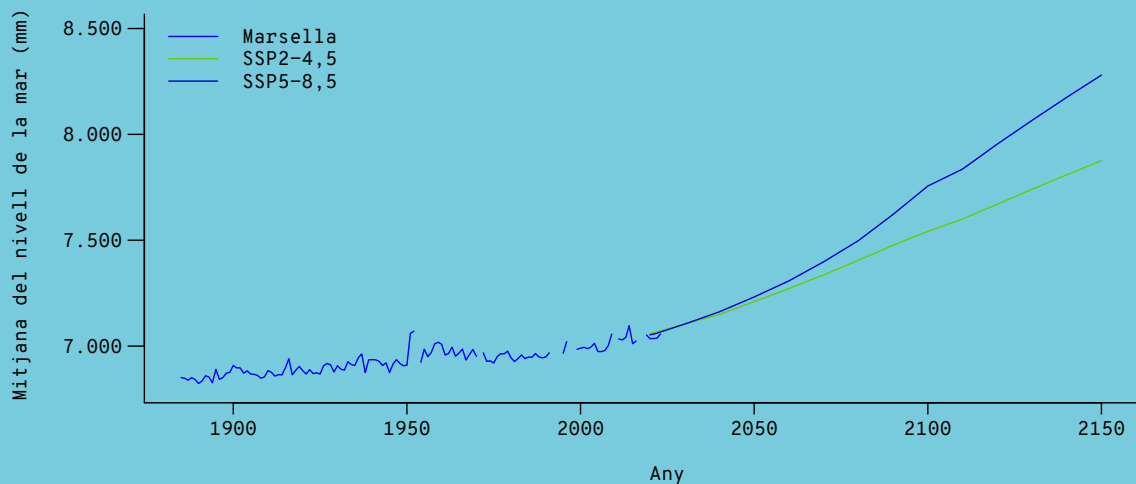
## PER QUÈ?

L'escalfament global fa pujar el nivell de la mar, tant per l'expansió tèrmica dels oceans com per la fusió de gel de les glaceres i els casquets polars. Localment el nivell del mar també varia a causa dels canvis en la circulació oceànica, de la pressió atmosfèrica i dels vents, però cap d'aquestes tres causes en pot fer variar la mitjana global. La pujada del nivell de la mar té conseqüències tant ambientals com socioeconòmiques. Una pujada del nivell de la mar i el consegüent retrocés de la línia de costa poden conduir a la reducció o a la desaparició de la superfície aèria de les platges i a l'increment de les inundacions causades per tempestes marines. A les Illes Balears, on l'economia es basa en el turisme de sol i platja, una pujada del nivell de la mar pot tenir conseqüències importants. S'ha vist que aquest increment del nivell de la mar s'ha accelerat els darrers quaranta anys.

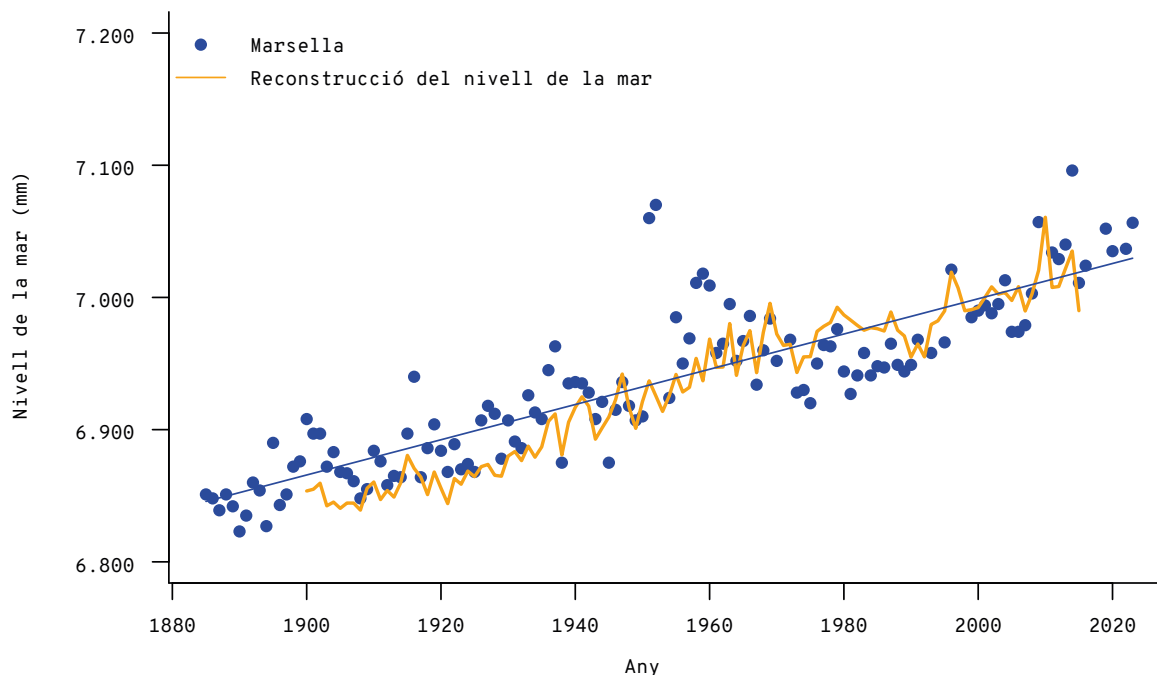
## LOCALITZACIÓ



Les projeccions per a dues trajectòries socioeconòmiques compartides mostren que el nivell de la mar podria haver augmentat entre 55,2 i 76,5 cm a final de segle i entre 88,6 i 129 cm al 2150. Això suposaria un retrocés de les platges de les Balears d'entre 7 i 50 metres.



Mitjana del nivell de la mar (en mil·límetres) entre els anys 1885 i 2023 a la Mediterrània occidental (estació de Marsella) i projeccions futures fins a l'any 2150 segons el sisè informe de l'IPCC<sup>6-8</sup> per a les trajectòries socioeconòmiques compartides SSP2-4,5 i SSP5-8,5. FONT: PSMSL, Universitat de Hawaii i sisè informe de l'IPCC.<sup>4-8</sup>



**Figura 1.** Mitjana anual del nivell de la mar a l'estació de Marsella. La línia blava mostra l'ajust d'una regressió lineal. Per al període entre 1885 i 2023, l'estació de Marsella ha mostrat un increment del nivell de la mar d' $1,33 \pm 0,07$  mm/any ( $R^2 = 0,74$ ;  $p < 0,0001$ ). La línia taronja mostra una reconstrucció de la mitjana del nivell de la mar de la Mediterrània occidental entre els anys 1900 i 2015 calculada per Dangendorf i col·laboradors.<sup>1</sup> Font: PSMSL i Universitat de Hawaii.<sup>4,5</sup>

## RESULTATS

A la Mediterrània occidental s'ha observat una pujada del nivell de la mar entre els anys 1885 i 2023 d' $1,33 \pm 0,07$  mm/any ( $R^2 = 0,74$ ;  $p < 0,0001$ ), basant-se principalment en les dades de l'estació de Marsella (figura 1). Això representa un augment de 18,5 cm en 139 anys.

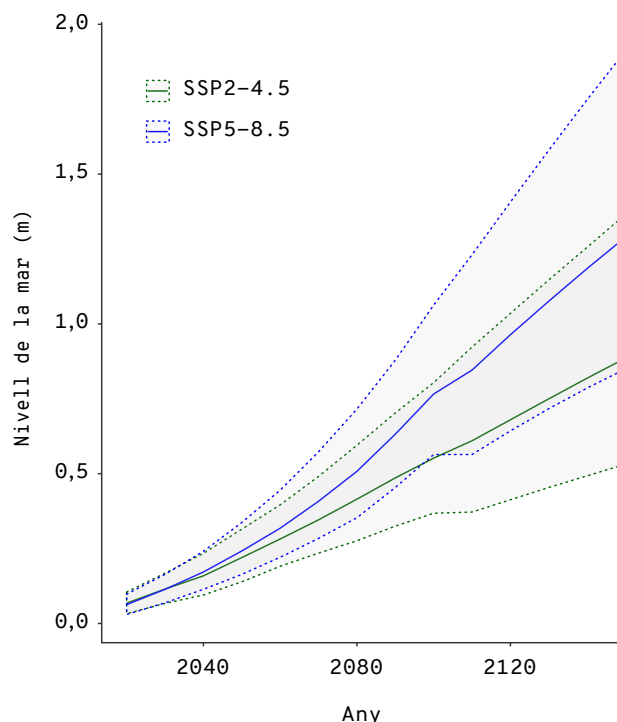
Si avaluem la pujada del nivell de la mar a l'estació de Marsella per al període de temps comprès entre 1993 i 2023, és a dir, per als darrers 30 anys, aquesta pujada ha estat de  $2,88 \pm 0,64$  mm/any ( $R^2 = 0,46$ ;  $p < 0,0001$ ), mentre que entre 1980 i 2023 ha estat de  $2,84 \pm 0,28$  mm/any ( $R^2 = 0,75$ ;  $p < 0,0001$ ) (figura 1). Aquestes dades són coherents amb una acceleració del ritme de pujada del nivell de la mar en els darrers anys.

Les projeccions de pujada del nivell de la mar per a les trajectòries socioeconòmiques compartides SSP2-4,5 (d'estabilització de concentracions de  $CO_2$ ) i SSP5-8,5 (amb emissions elevades) del sisè informe de l'IPCC<sup>6-8</sup> mostren que el nivell de la mar Mediterrània podria augmentar entre 55,2 cm (amb

un canvi probable [percentils 17 i 83] d'entre 36,8 i 80,4 cm) i 76,6 (56,4-106,3) cm al llarg d'aquest segle; i fins a 88,6 (53,2-136,6) i 129 (85-191,2) cm fins al 2150 (figura 2).

## CONCLUSIONS

- A la Mediterrània occidental (a l'estació de Marsella) el nivell de la mar ha augmentat a un ritme d' $1,33 \pm 0,07$  mm/any els darrers 139 anys;  $2,84 \pm 0,28$  mm/any els darrers 43 anys, i  $2,88 \pm 0,64$  mm/any els darrers 30 anys. Això mostra una acceleració del ritme de pujada.
- Les projeccions per a dos escenaris diferents d'emissions mostren que d'aquí a final de segle el nivell de la mar podria augmentar entre 55,2 i 76,5 cm, i d'aquí al 2150 podria augmentar entre 88,6 i 129 cm.
- Les platges de les Balears podrien retrocedir entre 7 i 50 metres, cosa que equivaldria a una reducció a la meitat de la seva superfície aèria.



**Figura 2.** Projeccions de la pujada del nivell de la mar Mediterrània entre els anys 2010 i 2150 segons el sisè informe de l'IPCC<sup>6-8</sup> per a les trajectòries socioeconòmiques compartides SSP2-4,5 i SSP5-8,5. Les línies discontinües mostren els intervals de confiança de canvi probable (percentils 17 i 83). FONT: Sisè informe de l'IPCC.<sup>6-8</sup>

## REFERÈNCIES

- <sup>1</sup> DANGENDORF, S. *et al.* (2019). «Persistent acceleration in global sea-level rise since the 1960s». *Nature Climate Change*, 9. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0531-8>.
- <sup>2</sup> DANGENDORF, S. *et al.* (2015). «Detecting anthropogenic footprints in sea level rise». *Nature Communications*, 6. <https://doi.org/10.1038/ncomms8849>.
- <sup>3</sup> ENRÍQUEZ, A. R. *et al.* (2017). «Changes in beach shoreline due to sea level rise and waves under climate change scenarios: application to the Balearic Islands (western Mediterranean)». *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17, 1075-1089. <https://doi.org/10.5194/nhess-17-1075-2017>.
- <sup>4</sup> SERVEI PERMANENT DEL NIVELL MITJÀ DE LA MAR (PSMSL). [en línia]. <<https://www.psmsl.org>>.
- <sup>5</sup> CENTRE DEL NIVELL DE LA MAR DE LA UNIVERSITAT DE HAWAII. [en línia]. <<https://uhslc.soest.hawaii.edu/dainfo/>>.
- <sup>6</sup> FOX-KEMPER, B. *et al.* (2021). «Ocean, Cryosphere and Sea Level Change». A: Masson-Delmotte, V. *et al.* (ed.). *IPCC 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.011>.
- <sup>7</sup> GARNER, G. G. *et al.* (2023) «Framework for Assessing Changes To Sea-level (FACTS)». *Geoscientific Model Development*. [prepublicació]. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-14>.
- <sup>8</sup> GARNER, G. G. *et al.* (2021). «IPCC AR6 Sea-Level Rise Projections». Versió 20210809. Consultat el 07/03/2022 [en línia]. <<https://podaac.jpl.nasa.gov/announcements/2021-08-09-Sea-level-projections-from-the-IPCC-6th-Assessment-Report>>.

## CITAR COM

VAQUER-SUNYER, R.; BARRIENTOS, N.; MARCOS, M.; GOMIS, D. (2024). «Nivell de la mar». A: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N.; Gouraguine, A. (ed.). *Informe Mar Balear 2024*. <[https://www.informemarbaleaer.org/ca/canvi-global/imb-nivell-mar-cat\\_2024.pdf](https://www.informemarbaleaer.org/ca/canvi-global/imb-nivell-mar-cat_2024.pdf)>. <https://doi.org/10.62135/VSOE7793>.