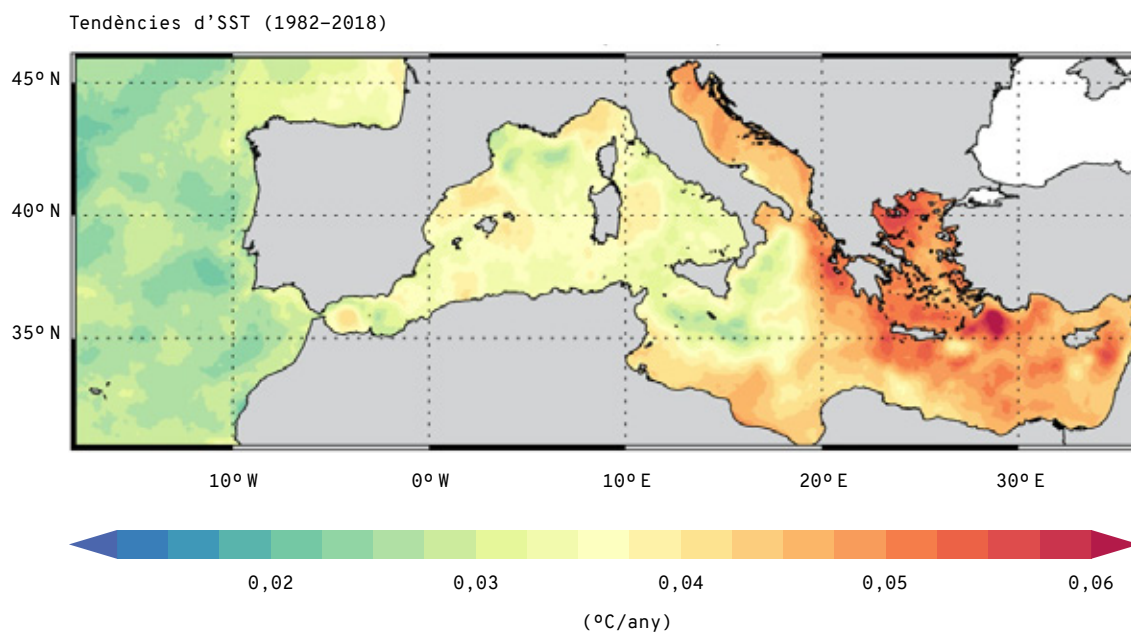


En l'elaboració d'aquest capítol han participat:

Natalia Barrientos, Raquel Vaquer-Sunyer, Damià Gomis, Marta Marcos, Gabriel Jordà, Bàrbara Barceló-Llull, Ananda Pascual, Eva Aguiar i Inmaculada Ruiz-Parrado.

# Temperatura

La temperatura de l'oceà ha anat variant de manera natural al llarg de la història de la Terra. És una de les variables crucials del complex sistema climàtic, ja que contribueix a regular el clima de tot el planeta a través dels intercanvis de calor amb l'atmosfera i redistribuint la calor mitjançant els corrents marins. De fet, l'oceà emmagatzema quantitats de calor molt superiors a les de l'atmosfera i representa la «memòria» del sistema a causa de la gran escala temporal dels canvis oceànics. Per tant, l'anàlisi de les sèries temporals de temperatura oceànica constitueix un indicador climàtic fonamental.<sup>1</sup>



**Figura 1.** Tendències de la temperatura superficial de la Mediterrània, que mostren els  $0,036 \pm 0,006$  °C/any ( $p \leq 0,05$ ) de mitjana de la zona oest mediterrània. Les dades es basen en mesures satel·litàries realitzades entre 1982 i 2018. FONT: figura extreta de Pisano *et al.*<sup>13</sup>

Globalment, la temperatura dels oceans l'any 2019 ha estat la més càlida des que hi ha registres de dades de monitoratge.<sup>2</sup> Addicionalment, la mar Mediterrània es considera una de les més vulnerables a un augment de la temperatura global planetària, a causa, en part, de la seva naturalesa semitancada, que li proporciona una inèrcia tèrmica inferior.<sup>3-6</sup> D'altra banda, els canvis regionals en la temperatura oceànica poden tenir repercussions globals, ja que la Mediterrània està teleconnectada amb la Circulació Meridional de Retorn de l'Atlàntic nord, el motor atlàntic de conducció de calor a la Terra.<sup>7</sup> En nombrosos punts de la Mediterrània s'ha observat que l'augment de la temperatura

superficial de l'aigua (a partir d'ara descrita amb les sigles en anglès SST, Sea Surface Temperature) és coherent amb l'augment de la temperatura superficial del planeta.<sup>3, 8-10</sup>

Al llarg del segle XX, a la conca oest de la Mediterrània s'han detectat tendències d'escalfament.<sup>11</sup> <sup>12</sup> Específicament, dades satel·litàries dels darrers 37 anys mostren tendències d'augment de l'SST de l'ordre de  $0,036 \pm 0,006$  °C/any.<sup>13</sup> Aquests valors són semblants als que aporta el «Copernicus Marine Service Ocean State Report», que integra tota casta d'observacions de temperatura i obté un increment de  $0,04 \pm 0,004$  °C/any entre 1993

## QUÈ ÉS?

La temperatura és una variable oceanogràfica amb una gran importància ecosistèmica, perquè condiciona la supervivència, la distribució i el metabolisme d'espècies, els corrents oceànics, l'aportació de nutrients, el nivell de la mar i l'intercanvi de gasos amb l'atmosfera (que controla l'acidificació i l'oxigenació de les aigües). Addicionalment, l'anàlisi temporal de la temperatura oceànica representa un indicador climàtic perquè l'oceà absorbeix i emmagatzema grans quantitats de calor.

## METODOLOGIA

Les dades incloses s'obtenen mitjançant diversos mètodes:

- Dades satel·litàries (mesuren la temperatura superficial).
- Mesures *in situ* (mesuren la temperatura superficial i en profunditat):
  - Campanyes oceanogràfiques en què s'utilitzen dispositius coneguts com a CTD (de l'anglès Conductivity Temperature Depth) que mesuren simultàniament la temperatura, la salinitat i la profunditat.
  - Boies oceanogràfiques fixes que mesuren la temperatura dels primers 6 m de la superfície de la mar Balear.

## RESULTATS

En les darreres quatre dècades s'ha detectat mitjançant dades satel·litàries un augment de la temperatura superficial de la Mediterrània occidental de  $0,036 \pm 0,006$  °C/any.<sup>1</sup>

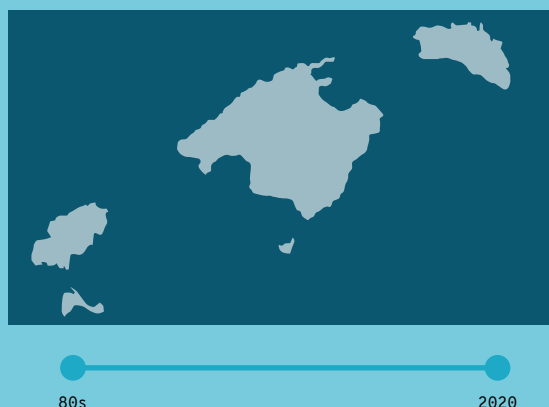
La temperatura superficial mitjana a l'estiu assoleix els ~ 25 °C entorn de la mar Balear, i les màximes són de més de 27 °C.<sup>2</sup>

La variació estacional entre l'hivern i l'estiu de la temperatura en superfície capturada per boies oceanogràfiques fixes sol ser d'aproximadament 10-15 °C.

## PER QUÈ?

Conèixer i predir els canvis en la temperatura oceànica és crucial, ja que podrien repercutir en l'estat ecològic de la mar i en l'estructura socioeconòmica de les Illes. La informació que aporten llargues sèries temporals de temperatura contribueix a definir estratègies d'adaptació i mitigació de riscos.

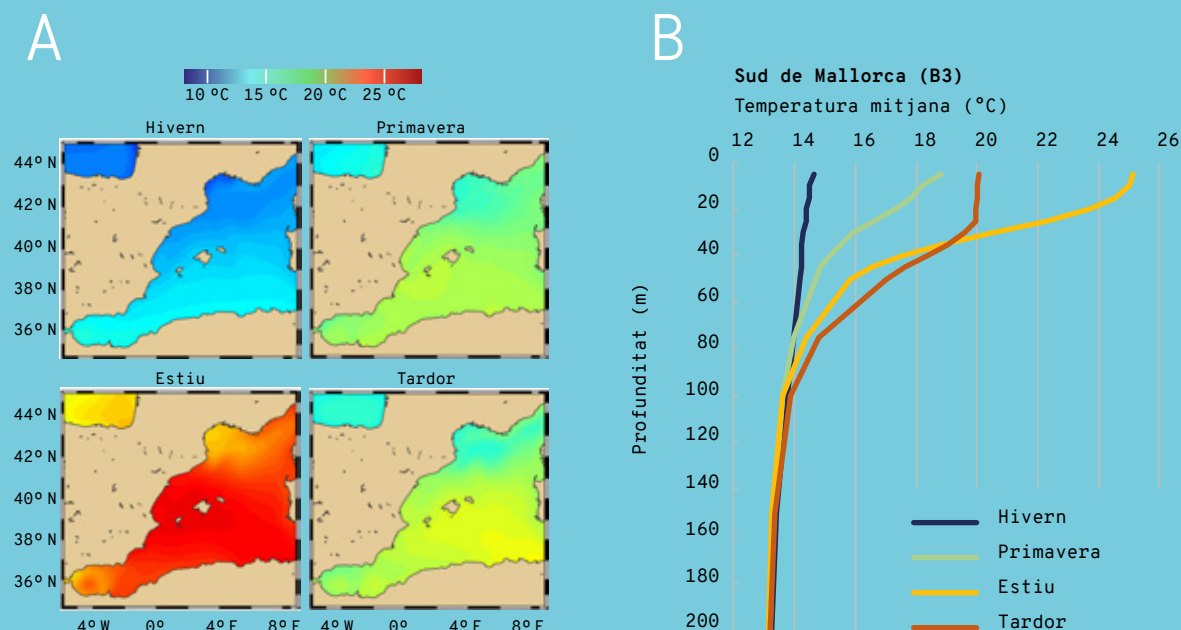
## LOCALITZACIÓ



La temperatura en profunditat de les diferents estacions de CTD de la mar Balear convergeix cap a un mateix valor a partir dels 100 metres de profunditat. Per davall dels 200 m els valors de temperatura són constants en profunditat al voltant dels 13 °C.

A 100 m de profunditat, un seguiment oceanogràfic de vuit anys al canal de Mallorca mostra un augment màxim de temperatura de 0,19 °C l'any.<sup>3</sup>

Models climàtics de predicció de temperatura per al segle XXI mostren un augment tant en superfície (entre 1,2-3,6 °C) com en profunditat (fins a 3 °C entre els 100-600 m).



Panell A: dades satel·litàries que mostren la temperatura superficial mitjana estacional entre els anys 1985 i 2016. FONT: Gomis *et al.*<sup>2</sup> Panell B: perfil de temperatura en profunditat de l'estació RADMED B3 del sud de Mallorca entre els anys 1994 i 2006. FONT: Vargas-Yáñez *et al.*<sup>4</sup>

## REFERÈNCIES

- <sup>1</sup> PISANO, A. *et al.* (2020). «New Evidence of Mediterranean Climate Change and Variability from Sea Surface Temperature Observations». *Remote sensing*, 12, 132. DOI:10.3390/rs12010132.
- <sup>2</sup> GOMIS, D. *et al.* (2020). «Context oceanogràfic de l'illa de Cabrera». A: Grau A, M. *et al.* *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. ISBN: 978-84-09-3.
- <sup>3</sup> BARCELÓ-LLULL, B. *et al.* (2019). «Temporal and Spatial Hydrodynamic Variability in the Mallorca Channel (Western Mediterranean Sea) from 8 Years of Underwater Glider Data». *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(4), 2769-86. <https://doi.org/10.1029/2018JC014636>.
- <sup>4</sup> VARGAS-YÁÑEZ, M. *et al.* (2019). *The present state of marine ecosystems in the Spanish Mediterranean in a climate change context*. Tuimagina Editorial, Grupo Mediterráneo Cambio Climático. ISBN: 978-84-09-13597-4.

i 2016.<sup>6</sup> Aquest increment suposa la segona tendència més gran de les mars regionals d'Europa després de la mar Negra.<sup>6</sup> A més d'un progressiu augment en l'SST anual, també s'ha observat una intensificació del senyal estacional, pel fet que l'SST d'estiu ha augmentat més que la d'hivern.<sup>13</sup>

És molt important fer un seguiment de la temperatura oceànica per saber quina és la seva evolució, ja que, en combinació amb els intercanvis de calor amb l'atmosfera, es tracta d'una variable que condiciona en gran manera els ecosistemes marins:

- Determina la supervivència i la distribució de moltes espècies. La pèrdua de part de la distribució de certes espècies, com la fanerògama *Posidonia oceanica*,<sup>14, 15</sup> o la variabilitat interanual dels hàbitats de reproducció d'algunes altres, només en són alguns exemples.<sup>16</sup> D'altra banda, els canvis regionals en la temperatura oceànica poden afavorir la introducció d'espècies invasores.<sup>5</sup>
- Regula diferents processos metabòlics: un increment de temperatura pot augmentar el metabolisme de certs organismes que presenten intervals de tolerància petits.<sup>17</sup>
- Influeix en la dinàmica d'intercanvi de gasos amb l'atmosfera, els resultats de la qual són, entre d'altres, l'acidificació oceànica i la major o menor oxigenació de l'oceà.<sup>18</sup>
- Controla processos hidrodinàmics com la posició dels fronts oceànics, que al seu torn condicionen la productivitat i els cicles de nutrients.<sup>19</sup>
- Dirigeix els corrents oceànics (i per tant, la distribució de calor i altres paràmetres) i l'estratificació de la columna d'aigua a través dels canvis en la densitat.<sup>20</sup> De l'estratificació depenen processos crucials, com l'aportació de nutrients des de les capes més profundes a la capa fòtica.
- Finalment, l'augment de temperatura oceànica és un dels dos factors (juntament amb la fusió dels gels continentals causada per la temperatura atmosfèrica) responsables de l'augment del nivell de la mar, i alhora té un impacte important sobre els ecosistemes costaners.

## METODOLOGIA

Hi ha una àmplia varietat de dades de temperatura a la mar Balear. Les dades presentades a continuació han estat recollides per mitjà dels mètodes següents:

- Dades satel·litàries des de 1984.<sup>21, 22</sup> Proporcionen sèries històriques (normalment dades diàries) amb una resolució espacial d'un quilòmetre, aproximadament, i una resolució en els valors d'entorn de 0,1 °C, suficient per captar els canvis estacionals en l'àmbit de la conca.

Sovint els productes distribuïts són mapes de mitjanes mensuals de l'SST (la resolució temporal es redueix amb el postprocessament, que elimina interferències atmosfèriques).<sup>22</sup>

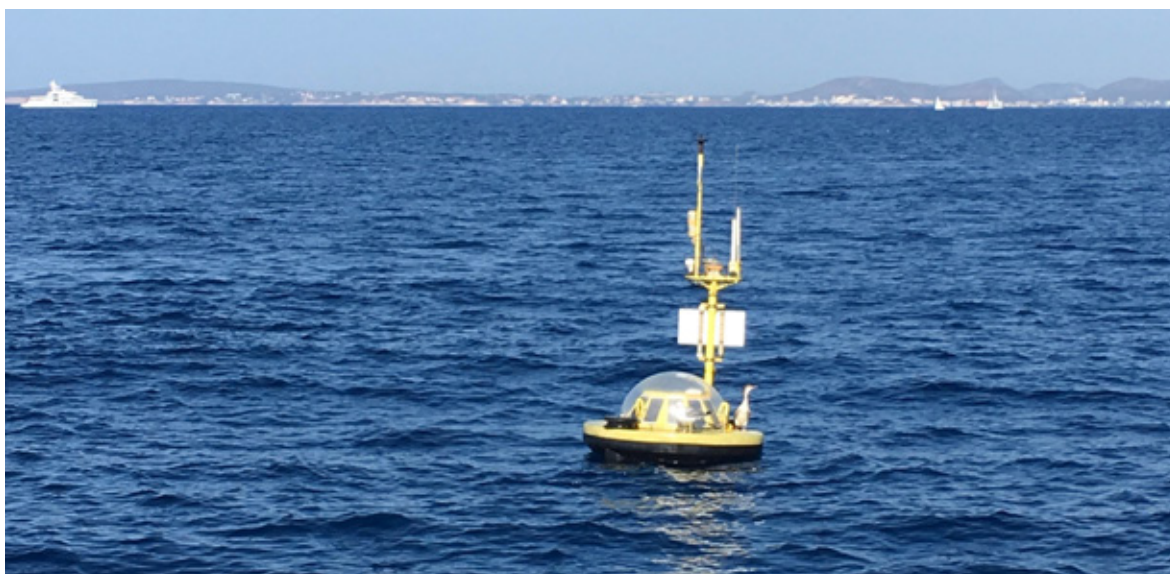
- Mesures *in situ*. Deriven en sèries temporals locals disperses en l'espai i el temps, però de gran resolució quant als valors proporcionats. Per exemple:

- Campanyes oceanogràfiques esporàdiques (al llarg del segle XX, però especialment a partir dels anys quaranta).<sup>21</sup> Les dades oceanogràfiques de temperatura s'obtenen actualment amb un CTD (de l'anglès Conductivity Temperature Depth, per les dades que mesura) muntat en una roseta (figura 2). Els CTD proporcionen perfils verticals dels paràmetres des de la superfície fins a la fondària que es vulgui. Durant les darreres dècades, les dades de campanyes es complementen amb dades de boies de deriva: es tracta de boies que deriven amb el corrent i transmeten les dades via satèl·lit (boies del programa Argo). Totes les dades obtingudes a la Mediterrània fins a l'any 2000 es varen recollir a les bases de dades MEDATLAS (MAS2-CT93-0074) i MEDAR (MAS3-CT98-0174).
- Des de l'any 1994 i a la mar Balear, el projecte nacional RADMED<sup>23</sup> (abans de l'any 2007, també conegut com a Ecobaleares) du a terme mostres periòdics mitjançant CTD a les mateixes localitzacions.
- Boies ancorades (figura 3): mesuren la temperatura de l'aigua superficial (aproximadament des dels anys noranta), però també hi ha boies de deriva superficial (SVP), boies perfiladores i gliders que capturen dades en profunditat.



**Figura 2.** Exemple de dispositiu CTD utilitzat en campanyes oceanogràfiques per mesurar paràmetres de temperatura, salinitat i profunditat, entre altres variables. FONT: Miquel Gomila.





**Figura 3.** Boia oceanogràfica del SOCIB de la badia de Palma utilitzada per mesurar les variables oceanogràfiques de superfície. FONT: Natalia Barrientos.

S'inclouen dades de temperatura superficial de les boies de Ports de l'Estat —sa Dragonera— i del SOCIB —Ciutadella, canal d'Eivissa i Palma. Les dades de les boies de Ports de l'Estat s'obtenen a una profunditat de 3 m, mentre que les temperatures capturades per les boies del SOCIB es mesuren a 1 m de profunditat (boies d'Eivissa y Badia de Palma) i a 6 m de profunditat (boia de Ciutadella).

Entre les limitacions a l'hora de caracteritzar correctament l'evolució dels camps de temperatura s'ha de destacar la gran variabilitat temporal (des de variacions diàries a decadal) i espacial (depèn de la posició dels corrents i dels fronts oceànics, la transferència de calor atmosfera-oceà) inherent a aquesta variable.<sup>21</sup> Per tant, es necessita una gran quantitat de dades amb bona distribució en l'espai i continuïtat temporal. En particular, per poder observar tendències climàtiques significatives de temperatura és necessari disposar de sèries llargues (> 30 anys, com a mínim).<sup>21</sup> Per això és fonamental acompanyar qualsevol valor de tendències amb un càlcul estadístic de la seva significança.<sup>21</sup>

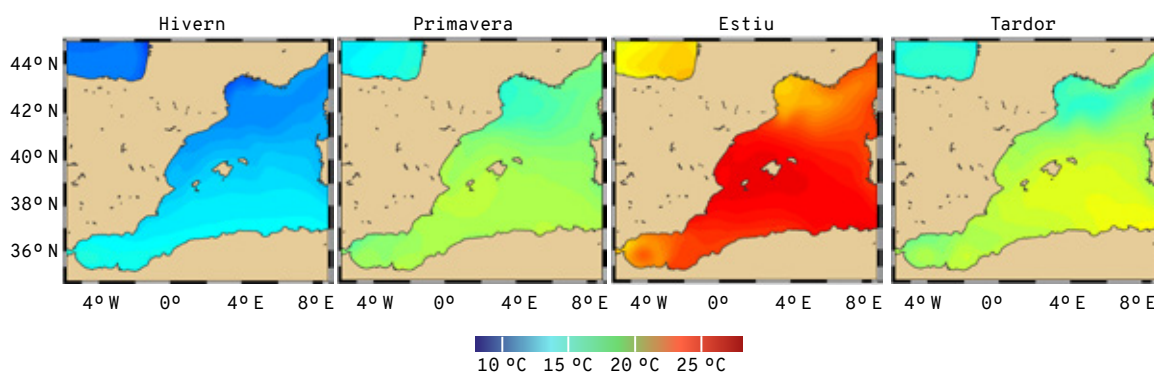
## RESULTATS

### Mitjanes estacionals a partir de dades satel·litàries

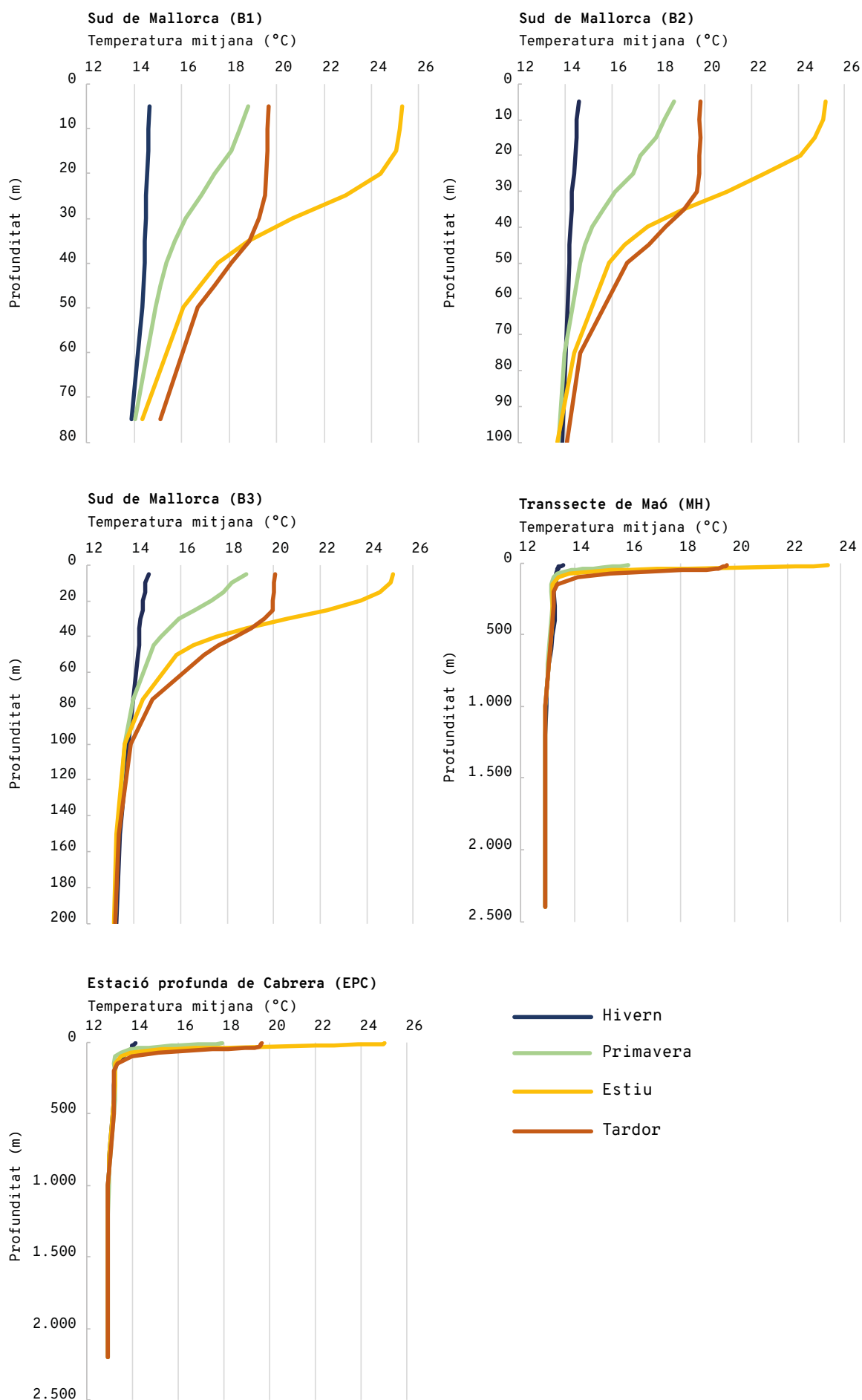
A l'estiu, les màximes temperatures superficials de tota la conca de la Mediterrània occidental es registren al voltant de les Balears, amb valors estacionals mitjans entorn dels 25 °C (figura 4).<sup>21, 22</sup> Els mínims relatius de l'SST durant l'estiu es registren a la mar d'Alborán, a causa de l'entrada d'aigües atlàntiques més fredes que les aigües mediterrànies, i al golf de Lleó (figura 4). A l'hivern s'observa un clar gradient latitudinal, amb valors mitjans que oscil·len entre els 13 °C del golf de Lleó i els 17 °C de la costa africana.

### Mesures *in situ*

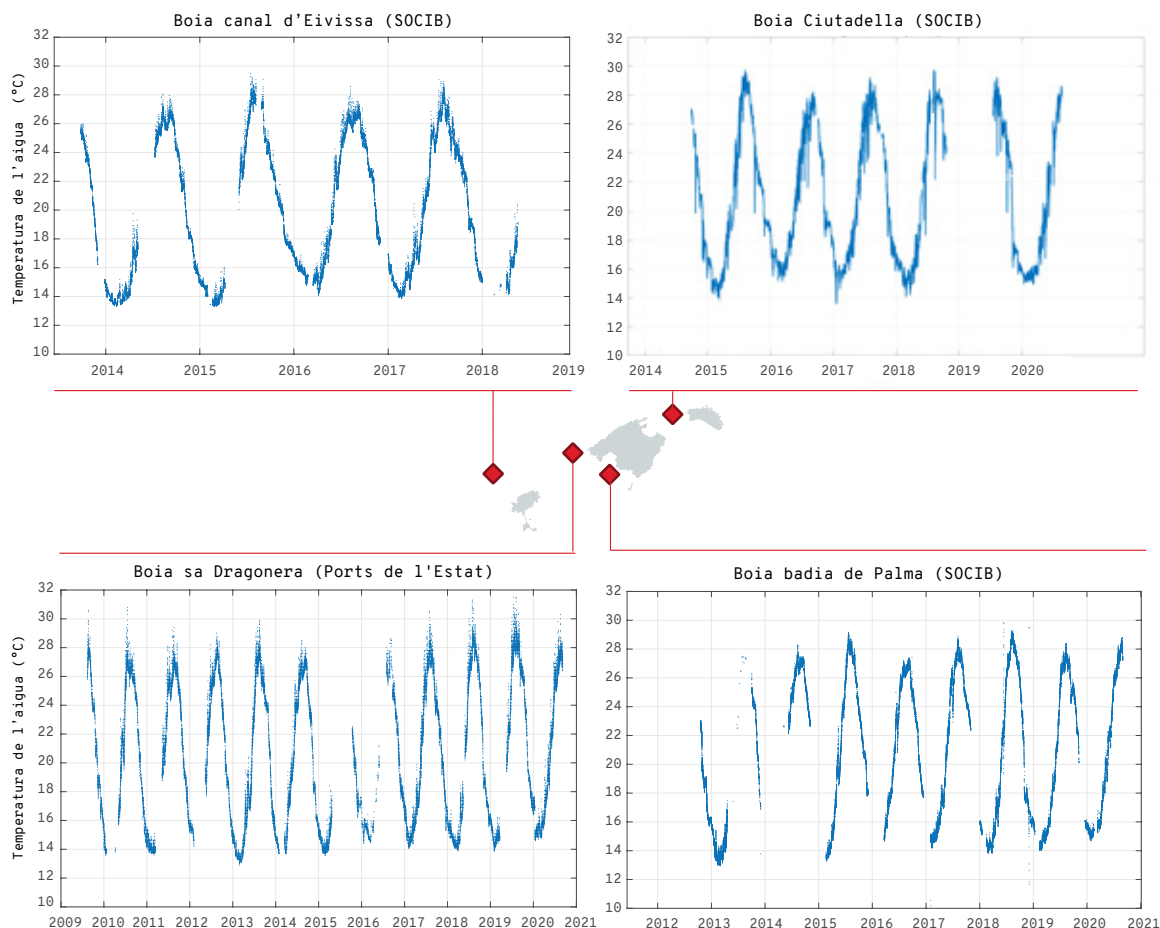
Del projecte RADMED,<sup>23</sup> des del 1994 es mostren uns valors mitjans de les SST d'hivern i d'estiu corresponents a les estacions de:



**Figura 4.** Dades satel·litàries de 1985-2016 que representen les temperatures superficials estacionals de la Mediterrània occidental. FONT: Gomis *et al.*<sup>22</sup>



**Figura 5.** Mitjana estacional de 5 estacions RADMED de la mar Balear. Nombre de dades per punt de mostratge entre 5–27. Rang màxim de dades 1994–2006. FONT: Vargas-Yáñez *et al.*<sup>26</sup>



**Figura 6.** Dades de temperatura superficial de quatre boies, tres d'elles gestionades pel SOCIB i una per Ports de l'Estat. Els cicles mostren la variabilitat estacional reflectida en cada estació. FONT: SOCIB i Ports de l'Estat.<sup>29</sup>

- Nord de Menorca: hivern, 13,66 °C; estiu, 24,1 °C.
- Cabrera: hivern, 14,08 °C; estiu, 24,9 °C.
- Canal de Mallorca: hivern, 15,53 °C; estiu 25,1 °C.

La mitjana estacional de cinc de les estacions RADMED (Mallorca: B1, B2, B3; Menorca: MH; Cabrera: EPC) mostra que l'estació de Menorca registra temperatures superfícials inferiors que al sud de Mallorca i Cabrera, però que totes les estacions convergeixen al voltant dels 100 metres de profunditat (figura 5).

Per davall dels 200 m, la temperatura de les diverses zones de mostratge de CTD arriba a un mateix valor d'aproximadament 13 °C (figura 5).

És important destacar que les masses d'aigua de profunditats intermèdies del canal de Mallorca, amb vuit anys de seguiment, mostren un augment de les temperatures màximes.<sup>24, 25</sup> A 100 m de profunditat s'observen encara canvis estacionals, mentre que a 200 m el senyal estacional ja és molt petit.<sup>24</sup> La tendència màxima de temperatura de 0,19 °C/any s'assoleix al voltant dels 100 m superiors.<sup>24</sup> Entre els 100-300 m, aquesta tendència disminueix a 0,077 °C/any, mentre que entre els 300-700 m és de 0,043 °C/any.<sup>24</sup>

## Boies oceanogràfiques (2009–2018)

A causa de la curta durada del registre (des de l'any 2009), només es pot observar la variabilitat estacional (figura 6). La temperatura mostra un rang estacional màxim d'aproximadament 17 °C (~ 30 °C de màxima i ~ 13 °C de mínima) considerant les dades de les quatre boies d'estudi (figura 6). A la boia de sa Dragonera, l'estiu del 2019 es van detectar valors puntuals més elevats (> 30 °C) que a la resta de boies.

El coneixement de les fluctuacions de les SST estacionals és molt important, ja que afecten els cicles biològics de molts organismes marins. D'altra banda, les prediccions climàtiques per al final del segle XXI preveuen que l'augment de temperatura serà més gran a l'estiu (3,4 °C ± 1,3 °C) que la resta de l'any,<sup>28</sup> la qual cosa implicarà un augment de l'amplitud del cicle estacional.

Per acabar, models de predicció climàtica mostren que l'SST continuarà augmentant considerablement durant el segle XXI a un ritme de + 1,2 °C o + 3,6 °C en funció de l'escenari d'emissions de gasos d'efecte hivernacle (pessimista o moderat, respectivament).<sup>27, 28, 30</sup> Els models també projecten un augment considerable de la temperatura de la mar Balear en tota la columna d'aigua, més pronunciat entre els 0-150 m (0,81-3,71 °C) i entre els 150-600 m (0,82-2,97 °C).<sup>31</sup>

## CONCLUSIONS

- Hi ha dades satel·litàries de la conca oest mediterrània que mostren tendències d'augment de l'SST de prop de  $0,036 \pm 0,006$  °C/any durant els darrers 37 anys.<sup>13</sup>
- Alguns estudis de les sèries de dades satel·litàries de la Mediterrània occidental (1984-2016) mostren que a l'estiu les temperatures màximes de la conca s'assoleixen al voltant de les Illes Balears. A l'arxipèlag, els valors mitjans de l'SST a l'estiu estan entorn dels 25 °C, mentre que els valors màxims superen els 27 °C.
- Les variacions estacionals capturades en boies oceanogràfiques mostren una variació de l'SST d'uns 10-15 °C entre hivern i estiu.
- En profunditat, les temperatures de totes les estacions CTD convergeixen a partir dels 100

metres. A aquesta profunditat, vuit anys de seguiment al canal de Mallorca mostren un augment màxim de la temperatura de 0,19 °C/any.<sup>24</sup>

- A partir dels 200 m els valors de CTD assoleixen els 13 °C i es mantenen constants en augmentar la profunditat.
- Els models climàtics suggereixen que la temperatura de la mar augmentarà notablement durant el segle XXI en tota la columna d'aigua, i especialment en els primers 150 metres.<sup>27</sup>

És fonamental mantenir l'observació d'aquesta variable oceanogràfica per arribar a disposar de sèries de gran longitud temporal.<sup>5</sup> Això permetria interpretar millor les dades de les tendències, concretar la variabilitat decadal en les dades climàtiques i millorar els models de predicció climàtica i la gestió per mitigar els possibles impactes.<sup>5</sup>

## REFERÈNCIES

- <sup>1</sup> VON SCHUCKMANN, K. *et al.* (2016). «An imperative to monitor Earth's energy imbalance». *Nature Climate Change* 6 (2), 138-144. DOI: 10.1038/nclimate2876.
- <sup>2</sup> CHENG, L. *et al.* (2020). «Record-Setting Ocean Warmth Continued in 2019». *Adv. in Atmos. Sci.*, 37(2), 137-142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>.
- <sup>3</sup> HOEGH-GULDBERG, O. *et al.* (2014). «The Ocean». A: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; Nova York: Cambridge University Press.
- <sup>4</sup> BURROWS, M. T. *et al.* (2011). «The Pace of Shifting Climate in Marine and Terrestrial Ecosystems». *Science*, 334, 652-655. DOI: 10.1126/science.1210288.
- <sup>5</sup> TINTORÉ, J. *et al.* (2019) «Challenges for Sustained Observing and Forecasting Systems in the Mediterranean Sea». *Frontiers in Marine Science*, 6 (568). DOI: 10.3389/fmars.2019.00568.
- <sup>6</sup> VON SCHUCKMANN, K. *et al.* (2018). «Copernicus Marine Service Ocean State Report». *Journal of Operational Oceanography* 11, S1-S142. DOI: 10.1080/1755876X.2018.
- <sup>7</sup> VOLKOV, D. L. *et al.* (2019). «Teleconnection between the Atlantic Meridional Overturning Circulation and Sea Level in the Mediterranean Sea». *Journal of Climate*, 32, 935-955. DOI: 10.1175/JCLI-D-18-0474.1.
- <sup>8</sup> COMA, R. M. *et al.* (2009). «Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(15), 6176-6181. DOI: 10.1073/pnas.0805801106.
- <sup>9</sup> CONVERSI, A. *et al.* (2010). «The Mediterranean Sea Regime Shift at the End of the 1980s, and Intriguing Parallelisms with Other European Basins». *PLoS ONE*, 5(5). DOI: 10.1371/journal.pone.0010633.
- <sup>10</sup> CALVO, E. *et al.* (2011). «Effects of climate change on Mediterranean marine ecosystems: the case of the Catalan Sea». *Climate Research*, 50(1), 1-29. DOI: 10.3354/cr01040.
- <sup>11</sup> VARGAS-YÁÑEZ, M. *et al.* (2010a). «How much is the Western Mediterranean really warming and salting?». *Journal of Geophysical Research*, 115, C04001. DOI:10.1029/2009JC005816.
- <sup>12</sup> VARGAS-YÁÑEZ, M. *et al.* (2010b). «Climate change in the Western Mediterranean Sea 1900-2008». *Journal of Marine Systems* 82, 171-176. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2010.04.013>.



- <sup>13</sup> PISANO, A. *et al.* (2020). «New Evidence of Mediterranean Climate Change and Variability from Sea Surface Temperature Observations». *Remote sensing*, 12, 132. DOI: 10.3390/rs12010132.
- <sup>14</sup> JORDÀ, G. *et al.* (2012a). «Mediterranean seagrass vulnerable to regional climate warming». *Nature Climate Change*, 2. DOI: 10.1038/NCLIMATE1533.a.
- <sup>15</sup> MARBÀ, N.; DUARTE, C. M. (2010). «Mediterranean Warming Triggers Seagrass (*Posidonia oceanica*) Shoot Mortality». *Global Change Biology*, 16, 2366-2375. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02130.x>.
- <sup>16</sup> REGLERO, P. *et al.* (2012). «Geographically and environmentally driven spawning distributions of tuna species in the western Mediterranean Sea». *Marine Ecology Progress Series*, 463, 273-284. DOI: 10.3354/meps09800.
- <sup>17</sup> MARBÀ N. *et al.* (2015). «Footprints of climate change on Mediterranean Sea biota». *Frontiers in Marine Science*, 2, 56. DOI: 10.3389/fmars.2015.00056.
- <sup>18</sup> BALBÍN, R. *et al.* (2014). «Seasonal and interannual variability of dissolved oxygen around the Balearic Islands from hydrographic data». *Journal of Marine Systems*, 138, 51-62. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2013.12.007.
- <sup>19</sup> LANDRY, M. *et al.* (2012). «Pelagic community responses to a deep-water front in the California Current Ecosystem: Overview of the A-Front study». *Journal of Plankton Research*, 34, 739-748. DOI: 10.1093/plankt/fbs025.
- <sup>20</sup> LÓPEZ-JURADO, J. L. *et al.* (2005). «Observation of an abrupt disruption of the long-term warming trend at the Balearic Sea, western Mediterranean Sea, in summer 2005». *Geophysical Research Letters*, 32, L24606. DOI: 10.1029/2005GL024430.
- <sup>21</sup> VARGAS-YÁÑEZ, M. *et al.* (2010). *Cambio Climático en el Mediterráneo español. Segunda edición actualizada*. Madrid: Ministeri de Ciència i Innovació. Institut Espanyol d'Oceanografia.
- <sup>22</sup> GOMIS, D. *et al.* (2020). «Context oceanogràfic de l'illa de Cabrera». A: Grau A, M. *et al.* *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. ISBN: 978-84-09-3.
- <sup>23</sup> VARGAS-YÁÑEZ, M. *et al.* (2017). «Updating temperature and salinity mean values and trends in the Western Mediterranean: The RADMED project». *Progress in Oceanography*, 157, 27-46. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.09.004>.
- <sup>24</sup> BARCELÓ-LLULL, B. *et al.* (2019). «Temporal and Spatial Hydrodynamic Variability in the Mallorca Channel (Western Mediterranean Sea) from 8 Years of Underwater Glider Data». *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(4), 2769-86. <https://doi.org/10.1029/2018JC014636>.
- <sup>25</sup> SCHROEDER, K. *et al.* (2017). «Rapid response to climate change in a marginal sea». *Scientific Reports*, 7(1), 4065. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04455-5>.
- <sup>26</sup> VARGAS-YÁÑEZ, M. *et al.* (2019). *The present state of marine ecosystems in the Spanish Mediterranean in a Climate Change context*. Màlaga: Institut Espanyol d'Oceanografia; Grup Mediterrani de Canvi Climàtic; Tuimagina Editorial.
- <sup>27</sup> JORDÀ, G. *et al.* (2012b). «Atmospheric contribution to Mediterranean and nearby Atlantic sea level variability under different climate change scenarios». *Global and Planetary Change*, 80-81, 198-214. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.10.013>.
- <sup>28</sup> ADLOFF, F. *et al.* (2015). «Mediterranean Sea response to climate change in an ensemble of twenty first century scenarios». *Climate Dynamics*, 45, 2775-2802. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2507-3>.
- <sup>29</sup> PORTS DE L'ESTAT. «Predicció de oleaje, nivel del mar; boyas y mareógrafos» [en línia]. <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>.
- <sup>30</sup> DARMARAKI, S. *et al.* (2019). «Future evolution of Marine Heatwaves in the Mediterranean Sea». *Climate Dynamics*, 53, 1371-1392. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04661-z>.
- <sup>31</sup> SOTO-NAVARRO, J. *et al.* (2020). «Evolution of Mediterranean Sea water properties under climate change scenarios in the Med-CORDEX ensemble». *Climate Dynamics*, 54, 2135-2165. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-05105-4>.

---

#### CITAR COM

BARRIENTOS, N.; VAQUER-SUNYER, R.; GOMIS, D.; MARCOS, M.; JORDÀ, G.; BARCELÓ-LLULL, B.; PASCUAL, A.; AGUIAR, E.; RUIZ-PARRADO, I. (2021) «Temperatura». A: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2021* <<https://informemarbalear.org/ca/canvi-global/imb-temperatura-cat.pdf>>.