

En l'elaboració d'aquest capítol han participat:  
Natalia Barrientos, Raquel Vaquer-Sunyer i Agustí Jansà.

# Temperatura de l'aire sobre la mar

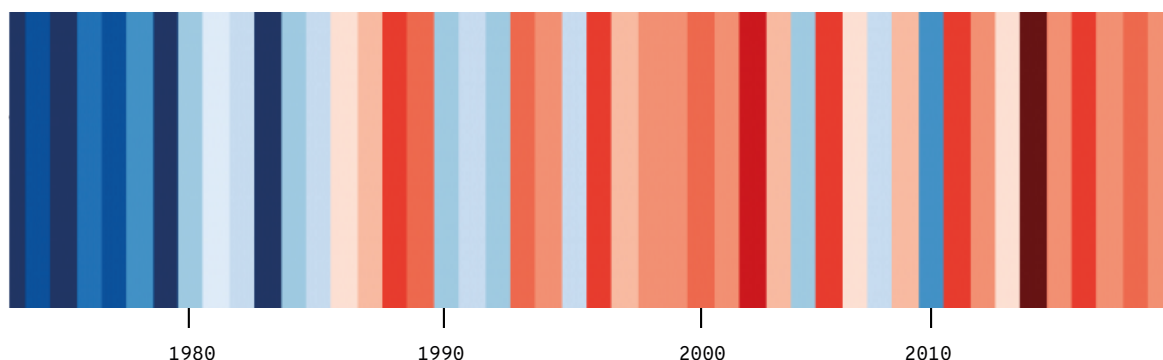
La regió mediterrània s'està escalfant un 20 % més ràpid que la mitjana global, i per a l'any 2040 es preveu un augment de temperatura de 2,2 °C.<sup>1</sup>

La temperatura de l'aire sobre la mar depèn en gran manera de la temperatura superficial de l'aigua de la mar (SST), per la qual cosa ambdues tendeixen a semblar-se, però no exclusivament: les adveccions vives d'aire fred o d'aire càlid poden permetre diferències molt importants entre la SST i la temperatura de l'aire a 3 m sobre la superfície de l'aigua marina.

La diferència de temperatura entre l'aire i la mar és un factor important de l'intercanvi de calor entre els dos medis; però no és l'únic, ja que el vent és el gran mecanisme refredador de la mar —per evaporació—, fins a convertir-se en un factor clau de la formació d'aigua profunda en el nord de les Balears.<sup>2</sup>

Les variacions en els fluxos de calor aire-mar —associats a diferències de temperatura aire-aigua, però també a l'evaporació per vent— poden tenir impactes d'escala global mitjançant canvis en la circulació atmosfèrica i oceànica.<sup>2,3</sup> Per tant, aquest paràmetre també s'utilitza com a indicador de canvi global, ja que pot afectar la biodiversitat i els hàbitats marins, amb conseqüències negatives en l'economia i els mitjans de vida humana.

Talment com succeeix amb la temperatura superficial de la mar, sèries històriques de temperatura de l'aire mesurades per estacions de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) estan mostrant un augment en les darreres dècades (figura 1).<sup>4</sup>



**Figura 1.** Gràfic de ratlles climàtiques (*climate stripes*) visibilitzant les anomalies anuals de temperatura entre els anys 1973-2019 causades pel canvi global. Les anomalies es basen en la mitjana dels valors de temperatura observats als aeroports de Menorca, Palma i Eivissa. S'observa una tendència a l'escalfament (colors vermells) amb el pas dels anys. L'escala de color varia entre - 1,24 y 1,24 °C. FONT: A. Jansà y D. Argüeso.<sup>5</sup>

## QUÈ ÉS?

Mesurament de la temperatura de l'aire a 3 m sobre la superfície de l'aigua mitjançant una boia oceano-gràfica. És un indicador climàtic de canvi global on es reflecteix la interacció aire-mar, ja que entre aquests dos medis es produeix un intercanvi de calor.

## METODOLOGIA

El mesurament de temperatura de l'aire es realitza a través de sensors instal·lats en boies que floten en estacions fixes, a 3 m de la superfície de l'aigua. La precisió de les temperatures recollides pels sensors és de 0,01 °C. Les dades han estat facilitades per Ports de l'Estat a partir de les següents dues boies:

- (i) Boia de Maó (latitud 39,72° N, longitud 4,42° E): ancorada a 300 m de profunditat.
- (ii) Boia de sa Dragonera (latitud 39,55° N, longitud 2,10° E): ancorada a 135 m de profunditat.

Adicionalment es comparen temperatures de la boia de sa Dragonera —tant de l'aire com superficial de l'aigua (dades cedides per Ports de l'Estat)— amb temperatures mitjanes de l'aire sobre terra dels tres aeroports de les Balears (procedents de l'Agència Estatal de Meteorologia, AEMET) entre els anys 2006 i 2020.

## RESULTATS

La variabilitat estacional de la temperatura de l'aire entre finals d'estiu (setembre-octubre) i finals d'hivern (gener-febrer) pot assolir els 28 °C de diferència.

La boia de sa Dragonera recull temperatures més càlides que la de Maó, possiblement a causa d'una interacció més petita amb els vents freds de component nord (tramuntana).

La comparació de temperatura de l'aire i temperatura superficial de la mar de la boia de sa Dragonera mostra que, durant la major part de l'any, la mar és

## PER QUÈ?

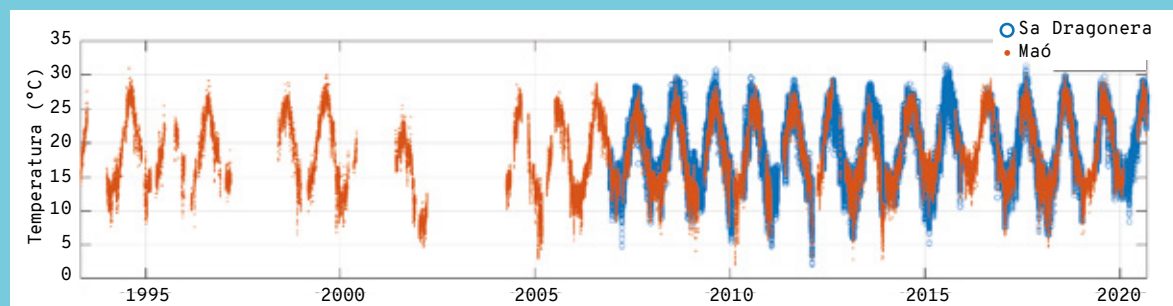
Sèries històriques de temperatura de l'aire mesurades en estacions terrestres de les Illes Balears estan mostrant un augment en les darreres dècades. És necessari disposar d'un seguiment temporal de les variables climàtiques de temperatura de l'aire sobre la mar i entendre millor la seva interacció amb la temperatura superficial de la mar. Això permetrà ampliar el coneixement dels mecanismes que regeixen el canvi global a les Balears.

## LOCALITZACIÓ

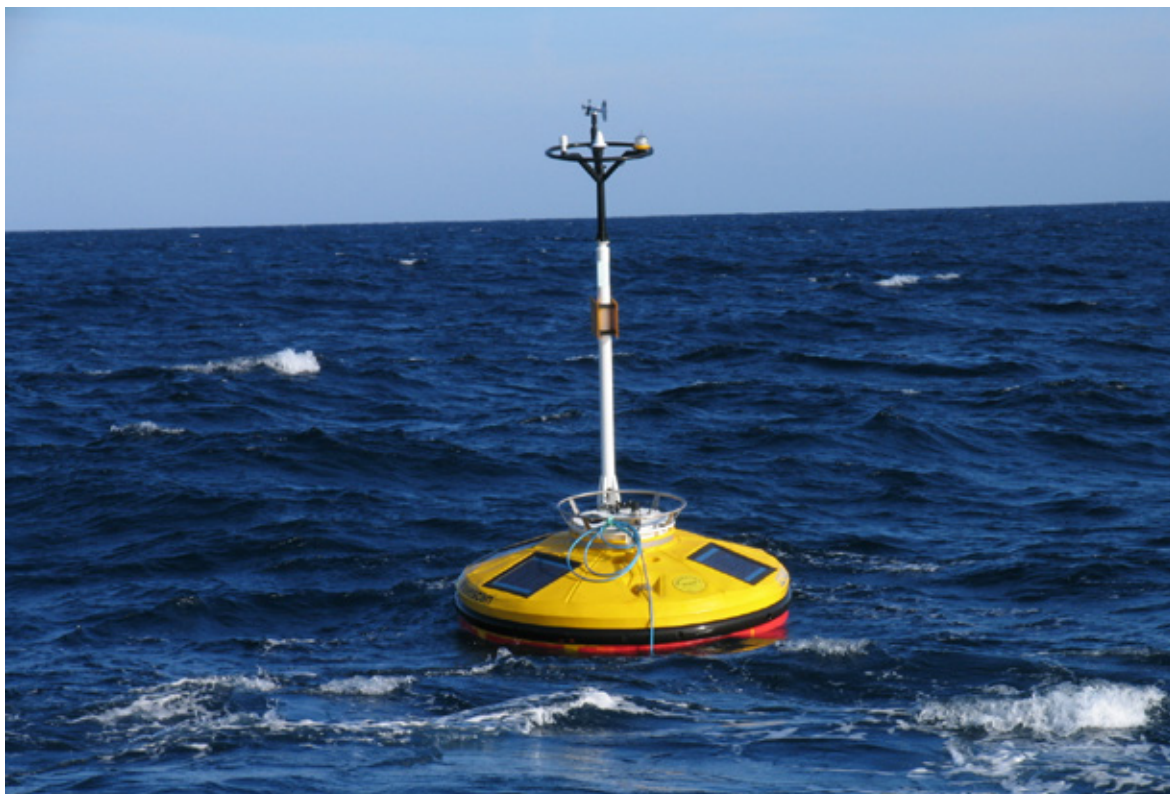


~ 1 °C més càlida que la temperatura de l'aire del mateix punt (excepte per primavera, quan s'igualen temperatures); per tant, la mar es troba en condicions de cedir calor a l'aire durant la major part de l'any.

Finalment, la temperatura de las estacions de terra es mostra inferior (entre 1-3 °C) a la temperatura de l'aire de la boia, exceptuant els mesos de maig a agost, quan s'igualen els valors.



Seguiment històric de la temperatura de l'aire, a 3 m sobre l'aigua, mesurada en boies ancorades en estacions fixes. Dades de les boies de Maó (color vermell) i sa Dragonera (color blau). FONT: Ports de l'Estat.



**Figura 2.** Imatge de boia WaveScan de Ports de l'Estat utilitzada en el mesurament de variables oceanogràfiques i de temperatura de l'aire sobre la mar (a 3 m). FONT: Ports de l'Estat.

La cessió de calor i humitat de la mar a l'aire és un factor que, al temps, pot afavorir precipitacions intenses a la Mediterrània, tot i que no és l'únic i no es troben correlacions significatives entre precipitació intensa i anomalies tèrmiques de SST.

Per tant, hi ha una necessitat d'entendre millor els mecanismes de canvi d'aquest paràmetre i disposar d'un seguiment sobre la temperatura de l'aire i l'SST que contribueixi a millorar el coneixement sobre el canvi global a les Balears.

## METODOLOGIA

Les dades de la temperatura de l'aire sobre el nivell de la mar es mesuren directament mitjançant sensors boies que floten en estacions fixes. Les mesures es fan a 3 m sobre la superfície de l'aigua. Les boies s'ancoren lluny de la línia de costa per evitar possibles efectes locals.

Dades de la temperatura de l'aire sobre la mar provenen de dues boies WaveScan (figura 1) gestionades per Ports de l'Estat (<http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>):

- (i) Boia de Maó (latitud 39,72° N, longitud 4,42° E): dades des de 1993, boia ancorada a 300 m de profunditat.
- (ii) Boia de sa Dragonera (latitud 39,55° N, longitud 2,10° E): dades des de 2016, boia ancorada a 135 m de profunditat.

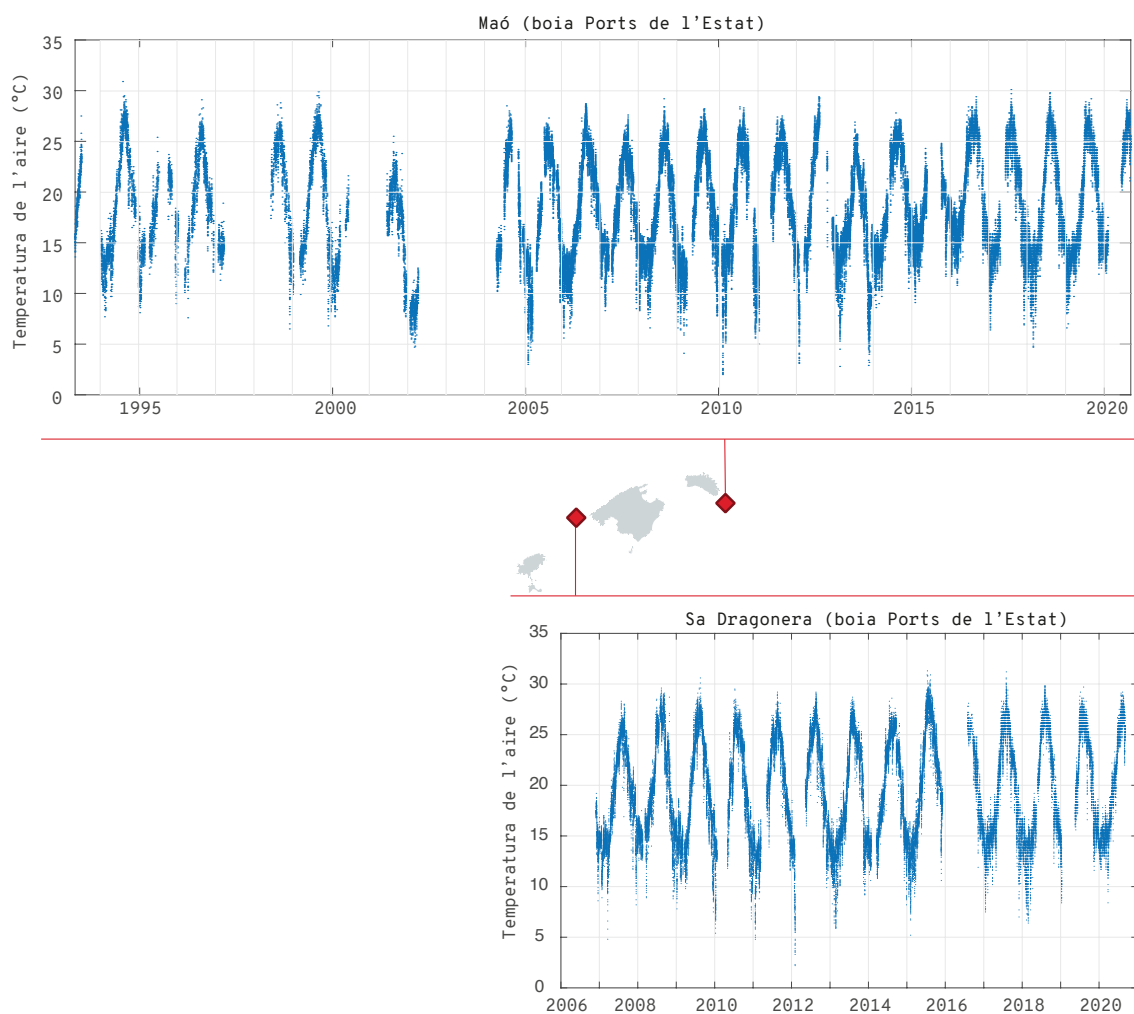
Cada boia genera internament valors mitjans que són transmesos en temps real via satèl·lit. Cada dada es calcula com a mesura instantània en períodes de deu minuts. La recollida de dades es complementa amb un control de qualitat de tots els equips de mesurament, el qual indica valors anòmals o de variabilitat. Les dades utilitzades a les gràfiques són únicament els valors acceptables —i.e. els que compleixen un control de qualitat = 1, 2 y 3. El sensor utilitzat és Seabird 37-SIP i la precisió de temperatura és de 0,01 °C.

Adicionalment es comparen dades de la boia de sa Dragonera —tant de temperatura de l'aire com d'SST—, amb dades de temperatura mitjana de l'aire sobre terra de les estacions de seguiment terrestres (aeroports de les Balears) procedents de l'AMET, recollides entre els anys 2006 i 2020. Aquestes dades han estat processades per convertir-les en mitjanes mensuals de temperatura, facilitant la interpretació de les tendències de temperatura.

## RESULTATS

La temperatura de l'aire sobre la mar Balear mitjançant boies mostra cicles de variació anuals (figura 3). En la majoria de casos, els mínims de temperatura arriben als 2 °C, mentre que els màxims no superen els 30 °C. El període més fred es registra entre gener i febrer, mentre que els més càlids ocorren entre setembre i octubre.

La boia de sa Dragonera assoleix temperatures més grans que la de Maó (~ 1 °C). Això pot ser degut al



**Figura 3.** Seguiment històric de la temperatura de l'aire a 3 m sobre l'aigua registrat per les boies de Ports de l'Estat de Maó (superior) i de sa Dragonera (inferior). FONT: Ports de l'Estat.

fet que Menorca queda dins l'àmbit geogràfic del vent de component nord (tramuntana), essent el màxim responsable de refredar la mar a la Mediterrània occidental.<sup>2, 6, 7</sup> El refredament de la mar pot contribuir a refredar l'aire, tot i que, en el cas de la tramuntana, la pròpia advecció freda suposa un refredament directe de l'aire, i sa Dragonera queda habitualment fora d'aquest àmbit.

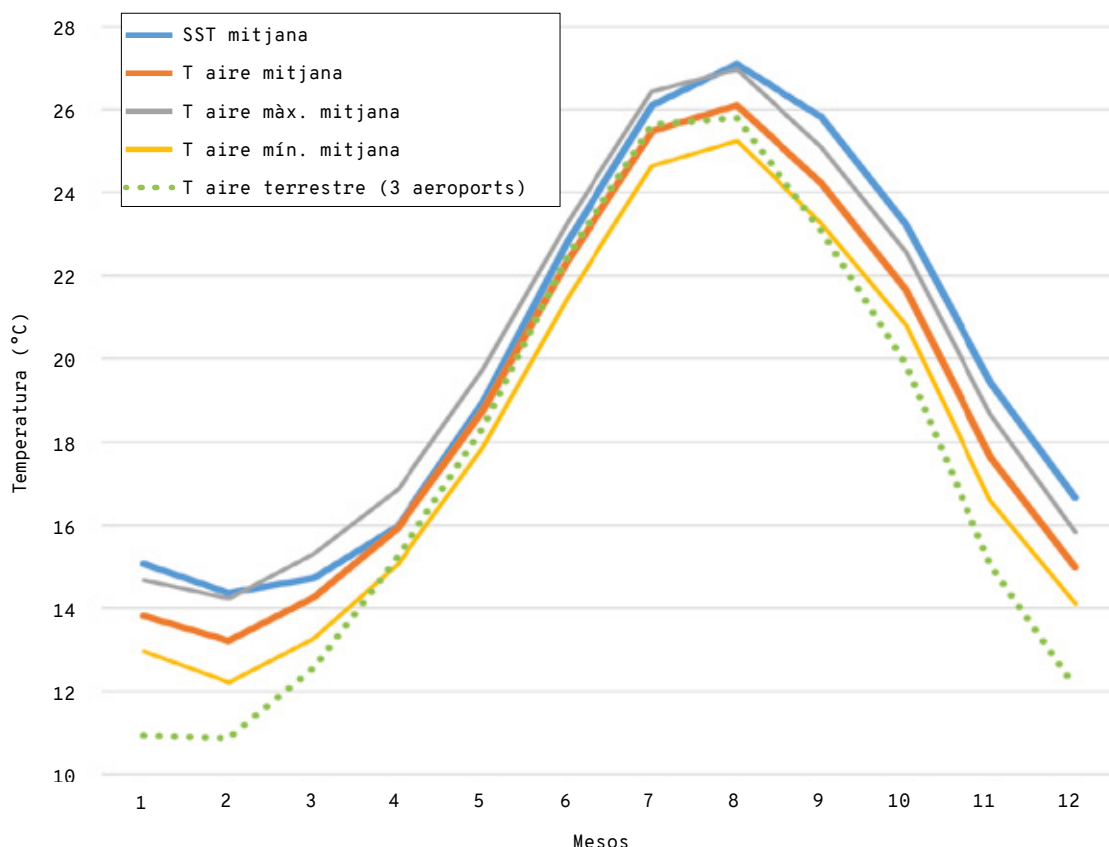
L'any 2015 mostra un pic càlid en la boia de sa Dragonera (sense registre en la boia de Maó). D'altra banda, especialment en la boia de Maó, els mesos d'hivern dels anys 2010-2014 mostren registres més freds que la resta ( $< 5^{\circ}\text{C}$ ), on el valor més fred ( $\sim 2^{\circ}\text{C}$ ) es registra el gener de 2010.

A la figura 4 s'observa com durant gairebé tot l'any la temperatura mitjana de l'aire sobre la mar és més baixa que la temperatura de l'aigua, amb l'excepció dels mesos d'abril i maig, quan ambdues tempera-

tures s'igualen; per tant, la major part de l'any la mar està en condicions de cedir calor a l'aire. Molt més difícil és que l'aire escalfi l'aigua.

Durant tot l'any, la temperatura mitjana de l'aire sobre terra en els aeroports de les Illes Balears és inferior a les temperatures de l'aigua en la boia de sa Dragonera. La diferència entre la temperatura de l'aire sobre terra i l'SST assoleix els  $4^{\circ}\text{C}$  els mesos d'hivern.

La temperatura de l'aire sobre la mar arriba a igualar la temperatura de l'aire sobre terra entre els mesos de maig a agost. El refredament nocturn de les Illes és la causa principal que les temperatures mitjanes sobre terra siguin baixes. L'escalfament diürn arriba a compensar el refredament nocturn durant els mesos de radiació solar més gran i nits més curtes, però no arriba a produir-se canvi de signe. Vist d'una altra manera: l'oscil·lació mitjana



**Figura 4.** Temperatura mitjana de l'aigua (SST) i de l'aire (T aire) amb màxima (màx.) i mínima (mín.) de la boia de sa Dragonera entre els anys 2006-2020. La línia de punts fa referència a la mitjana de la temperatura de l'aire als tres aeroports de les Balears per al mateix període. FONT: Ports de l'Estat i AEMET. AUTOR DE LA FIGURA: Agustí Jansà (2020, comunicació personal no publicada).

diària de les temperatures de l'aire sobre l'aigua és de només 1,9 °C. L'oscil·lació mitjana diària en el conjunt dels tres aeroports és de gairebé 9 °C (un valor que no és massa alt comparat amb les fortes oscil·lacions de l'interior del continent).<sup>7</sup>

L'escassa longitud de les sèries de temperatura de l'aire sobre la mar a les boies no permet induir directament les tendències associades al canvi climàtic, però no és molt aventurat suposar que aquestes tendències no estaran massa apartades de les que es poden calcular amb les dades dels aeroports. Les últimes tendències disponibles, entre els anys 1973 i 2019, indiquen, per als aeroports en conjunt, 0,3 °C/dècada. Aquesta tendència, visualitzada en la figura 1, és superior a la de la temperatura planetària global en el mateix període, que és de gairebé 0,2 °C/dècada.<sup>8</sup> Addicionalment, es tracta d'una tendència no uniforme que presenta notables diferències estacionals.<sup>9</sup> Al voltant de 0,2-0,3 °C/dècada és el que s'indica per a les Illes Balears a l'informe científic MedECC<sup>1</sup>, elaborat per experts en canvi ambiental i climàtic de la Mediterrània.

## CONCLUSIONS

- Els valors extrems estacionals de la temperatura de l'aire sobre la mar varien al voltant dels 28 °C (de 30 °C a 2 °C).
- La boia de sa Dragonera registra temperatures més càlides que la de Maó (~ 1 °C), possiblement per tenir menys influència del vent tramuntana, de component nord.
- La comparació de l'SST amb la temperatura sobre la mar mostra que aquesta és més baixa (~ 1 °C) durant gairebé tot l'any, excepte per abril i maig, quan s'igualen els valors. La temperatura de l'aire sobre terra és menor a l'SST durant tot l'any, assolint 4 °C de diferència a l'hivern.
- La temperatura de l'aire sobre la mar és superior a la terrestre (al voltant d'1-3 °C), excepte els mesos entre maig i agost, quan s'igualen.
- Les prediccions d'augment de temperatura de l'aire per a les Illes Balears són d'entre 0,2-0,3 °C/dècada.<sup>1</sup>

---

## REFERÈNCIES

- <sup>1</sup> MEDECC (2020). «Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin-Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report». Cramer, W.; Guiot, J.; Marini, K. (eds). Marsella: Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP.
- <sup>2</sup> LÓPEZ-JURADO, J. L. (1982). «A simple model of a water column applied to the deep water formation in Northern Catalan Sea». *Annales Geophysicae*, 5B (2), 55-60.
- <sup>3</sup> XOPLAKI, E. (2003). «Mediterranean summer air temperature variability and its connection to the large-scale atmospheric circulation and SSTs». *Climate Dynamics*, 20 (7-8), 723-39.
- <sup>4</sup> JANSÀ, A. (2020). «Estat del clima a les Illes Balears. Estiu 2020». [[en línia](#)].
- <sup>5</sup> JANSÀ, A.; ARGÜESO, D. (2020). «Climate stripes de Baleares» [<http://lincc.uib.eu/climate-stripes-balears/>].
- <sup>6</sup> JANSÀ, A. (1987). «Distribution of the Mistral: A satellite observation». *Meteorology and Atmospheric Physics*, 36, 201-14. <https://doi.org/10.1007/BF01045149>.
- <sup>7</sup> JANSÀ, A. (2014). *El clima de les Illes Balears*. Palma: Lleonard Muntaner Editor.
- <sup>8</sup> JANSÀ, A. (2020). «Estat del clima a les Illes Balears. Any 2019». [[en línia](#)].
- <sup>9</sup> JANSÀ, A. (2016). «Extension of summer climatic conditions into spring in the Western Mediterranean area». *International Journal of Climatology*, 37(4), 1938-50. <https://doi.org/10.1002/joc.4824>.

---

## CITAR COM

BARRIENTOS, N.; VAQUER-SUNYER, R.; JANSÀ, A. (2021). «Temperatura de l'aire sobre la mar». A: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2021* <<https://informemarbalear.org/ca/canvi-global/imb-temperatura-aire-cat.pdf>>.