En l'elaboració d'aquest capítol han participat:
Natalia Barrientos, Raquel Vaquer-Sunyer, Damià Gomis, Marta Marcos, Gabriel Jordà, Bàrbara Barceló-Llull, Ananda Pascual i Inmaculada Ruiz-Parrado.

Salinitat

La salinitat és una de les variables fisicoquímiques de l'oceà i és un paràmetre que s'inclou a les Estratègies Marines.[1] Es defineix com la quantitat de sal dissolta a la mar i es quantifica partint de quants grams de sal hi ha dissolts en 1.000 g d'aigua. Per tant, aquest paràmetre no té unitats —s'anul·len— i els valors es reporten en Unitats Pràctiques de Salinitat (PSU, de l'anglès Practical Salinity Units).

Talment com la temperatura, el seguiment de la salinitat és de gran rellevància per a la interpretació d'altres paràmetres d'estat ambiental, ja que influeix en la supervivència de determinades espècies i ecosistemes marins. Especialment en el cas d'organismes estenohalins, els quals no toleren variacions àmplies de salinitat. Per exemple, la planta marina *Posidonia oceanica* es troba afectada si s'assoleixen salinitats per damunt de 42 psu i per sota de 29 °C.[2]

La salinitat és una variable indirecta del canvi global. Cal mencionar que la quantitat de sal a nivell global es manté pràcticament constant, per la qual cosa les seves variacions podrien derivar principalment de canvis en l'aigua dolça incorporada pel desglaç de glaciars i gel continental. A nivell més regional, els canvis estan associats a una redistribució de la sal pels corrents marins, i localment a canvis en les aportacions d'aigua dels rius i de salmorra provinents de plantes dessalinitzadores.

En les darreres quatre dècades, les aigües de la Mediterrània occidental han mostrat de mitjana un augment de la salinitat, tant en superfície com en profunditat.[3, 4] Les variacions de la salinitat estan connectades amb canvis al cicle de l'aigua i la circulació atmosfèrica, i poden induir variacions en la circulació dels corrents oceànics.

Addicionalment, la salinitat ajuda a detectar l'origen i diferenciar les diverses masses d'aigua d'una regió oceànica. A la mar Balear, la salinitat determina la influència d'aigua atlàntica i els seus graus de modificació quan passa per la conca, l'intercanvi d'aigua entre els canals de les illes o l'aflorament (conegut com *upwelling* en anglès) produït per fronts atmosférics.[4]

Finalment, la salinitat té un paper fonamental —juntament amb la temperatura— en la determinació de la densitat d'una massa d'aigua i, per tant, en els gradients de densitat que generen corrents marins.[5] Millorar la caracterització i comprensió dels corrents i la circulació marina és clau per gestionar de manera integrada les mars i els oceans tant a la mar oberta com a la costa. Els corrents marins són essencials per poder predir la deriva de plàstics, hidrocarburs, grumers i/o larves i ous de peixos.

METODOLOGIA

Es mostren les dades de la salinitat superficial capturades per boies oceanogràfiques del SOCIB (figura 1). Les dades es troben en línia a la pàgina del Data Catalog del SOCIB (http://apps.socib.es/data-catalog/).

La salinitat es mesura a 1 m de fondària de l'aigua. El sensor de mesurament té una precisió de 0,002 °C i s'empren només les dades de control de qualitat igual a 1 (Quality Control, QC = 1). Les dades provenen de la boia del canal d'Eivissa (lat. 38° 49′ 28,02′′ N; long. 0° 47′ 1,201′′) entre els anys 2013-2018, i de la boia de Palma (lat. 39° 29′ 57,998′′ N, long. 2° 42′ 2,001′′ E) entre els anys 2012-2020.

QUÈ ÉS?

La salinitat és la quantitat de sal dissolta en un cos d'aigua. Aquesta variable fisicoquímica mostra quants grams de sal conté 1 kg d'aigua i per tant no té unitats. Els valors de salinitat es reporten en psu (Unitats Pràctiques de Salinitat, de l'anglès Practical Salinity Units).

$$\frac{\text{g de sal}}{\text{1.000 g d'aigua de mar}}$$

PER QUÈ?

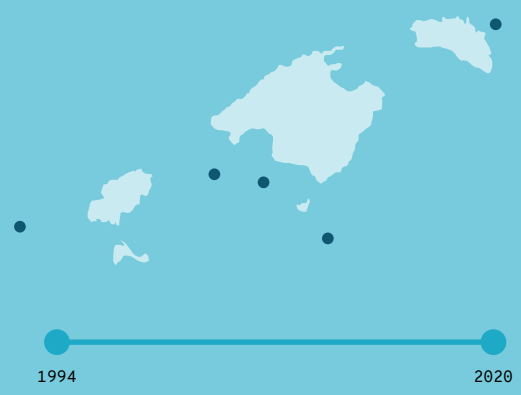
Aquest paràmetre s'inclou a les Estratègies Marines.[1] Cal conèixer la seva evolució perquè influeix en la supervivència de certes espècies i hàbitats marins (com el de *Posidonia oceanica*). A més a més, la salinitat és una variable indirecta del canvi global. Juntament amb la temperatura, intervé en els gradients de densitat que generen els corrents oceànics. La comprensió dels corrents marins és crucial per predir, per exemple, la deriva de residus, grumers i/o larves i ous de peixos.

METODOLOGIA

S'obtenen dades històriques de salinitat superficial —a 1 m de fondària— recollits per boies localitzades en estacions fixes gestionades pel SOCIB. S'inclouen dades de la boia del canal d'Eivissa (2013-2018) i de la boia de Palma (2012-2020).

Les dades de salinitat en profunditat provenen de dispositius CTD (sigles de l'anglès per Conductivitat, Temperatura i Profunditat) del projecte RADMED.[2] Es mostren dades estacionals històriques de salinitat des de l'any 1994 —dels 5 als 2.500 m de fondària— mesurades a tres zones de la mar Balear (sud de Mallorca, nord de Menorca i Cabrera).

LOCALITZACIÓ



RESULTATS

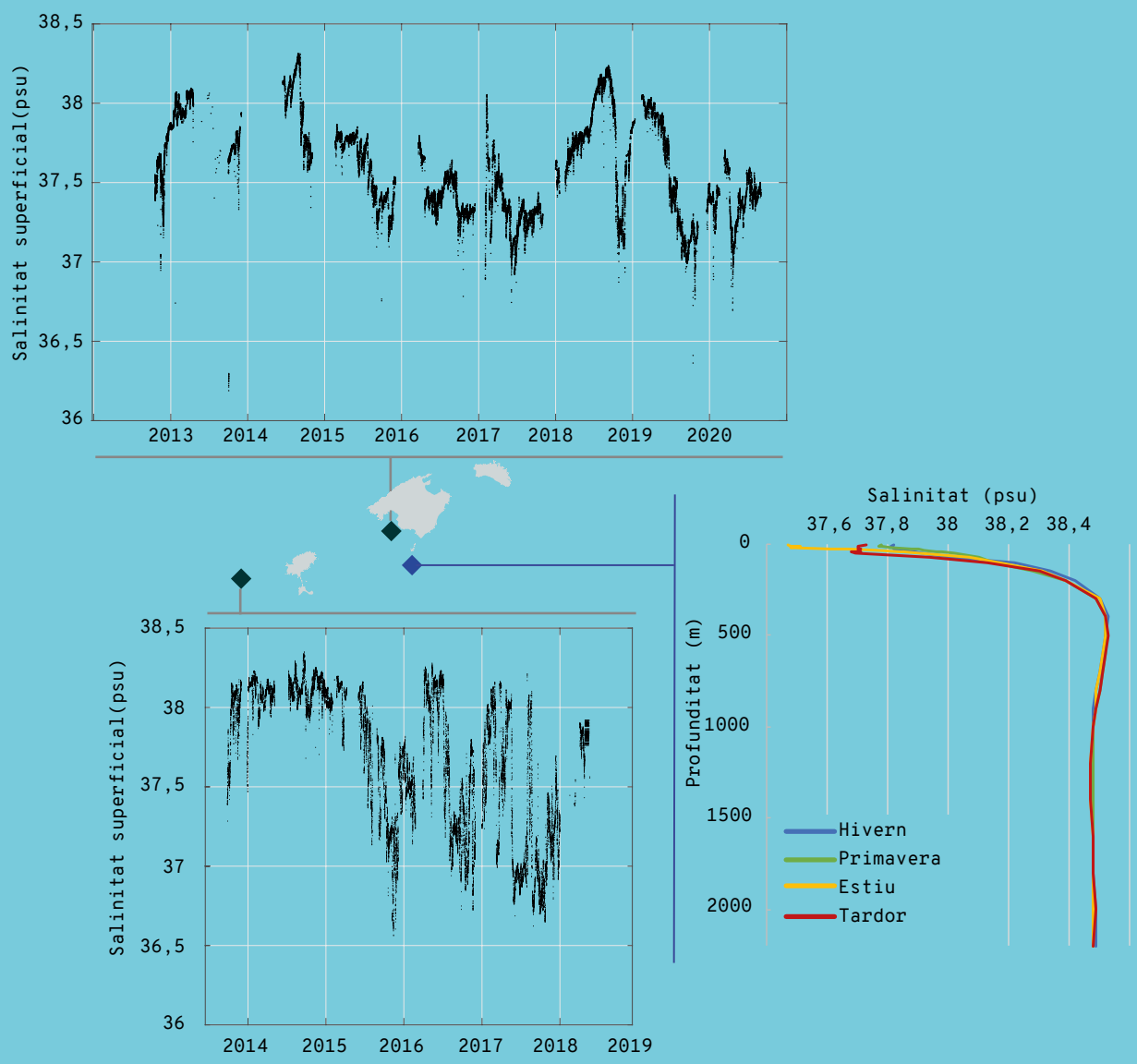
Les dades de salinitat superficial capturades per les boies mostren certa ciclicitat estacional molt influenciada per variacions locals. Els màxims mesurats (38,3 psu l'any 2014) s'assoleixen a final d'estiu, mentre que els mínims (dada puntual de ~ 36,2 psu els anys 2013 i 2019) s'observen a final de tardor.

La boia del canal d'Eivissa mostra una salinitat inferior que la de Palma, possiblement a causa d'una localització més propera a l'entrada d'aigua de l'oceà Atlàntic —més fresca que la mediterrània.

Els canvis de salinitat estacionals són força petits en comparació amb les variacions espacials o en profunditat. Aquests canvis solen estar associats a la redistribució de les masses d'aigua.

Pel que fa a la salinitat de profunditat de les tres estaciones de mostreig CTD, s'observa que els valors estacionals convergeixen en un valor constant de 38,48 psu a partir dels 1.000 m.

Models de predicció climàtica mostren un augment de salinitat d'entre 0,08-0,37 psu al llarg del segle XXI a fondàries intermèdies (300-700 m).[3]



Salinitat superficial capturada per boies del SOCIB (a 6 m) i salinitat en profunditat capturada amb CTD per al projecte RADMED. Font SOCIB i RADMED.[2]

REFERÈNCIES

[1] «Estrategias Marinas».<https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/IV_D7_Levantino-Balear_tcm30-130923.pdf>.

[2] 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 de Cambio Climático. ISBN: 978-84-09-13597-4.

[3] Soto-Navarro, J. *et al.* (2020). «Evolution of Mediterranean Sea water properties under climate change scenarios in the Med-CORDEX ensemble». *Clim Dyn*. 54(3), 2135-65.

Figura 1. Imatge de la boia de Palma del SOCIB utilitzada per mesurar variables oceanogràfiques com la salinitat. Font: SOCIB.

Addicionalment s'inclouen valors de salinitat en perfils de profunditat capturats per rosetes CTD (sigles de l'anglès per Conductivitat, Temperatura i Profunditat) del projecte nacional RADMED (Radials de la Mediterrània).[6] Es mostren els valors mitjans estacionals de salinitat des de l'any 1994 de tres zones de la mar Balear dels 5 m fins als 2.500 m de fondària:

Sud de Mallorca
Estació B1 (lat. 39° 28,6020′ N, long. 2° 25,6020′ E)
Estació B2 (lat. 39° 24,1020′ N, long. 2° 25,6020′ E)
Estació B3 (lat. 39° 20,5020′ N, long. 2° 25,6020′ E)

Nord de Menorca
Estació MH4 (lat. 40° 10,0020′ N, long. 4° 34,9620′ E)

Cabrera
Estació EPC (lat. 39° 0,0000′ N, long. 3° 10,2600′ E)

RESULTATS

Tot i que les precipitacions i l'evaporació tenen cicles anuals, les variacions de la salinitat superficial (a 1 m) capturades per les boies de Palma i del canal d'Eivissa mostren únicament certa ciclicitat estacional, tot i que molt influenciada per variacions locals (figura 2).

La salinitat està molt poc afectada localment per la pluja —afecta una capa molt soma i per poc temps, ja que les anomalies es propaguen molt ràpidament—, on les variacions tenen una escala espacial relativament petita. Aquests fets dificulten la identificació de tendències climàtiques de la temperatura.

Els valors de salinitat màxima s'assoleixen a final d'estiu. El valor màxim detectat és de 38,3 psu. Aquest màxim es detecta a final d'estiu de l'any 2014 a les dues boies.

Els valors mínims es capturen a final de tardor. El valor mínim es troba al voltant de 36,2 psu (pels anys 2013 i 2019) i es registra puntualment a la boia de Palma.

En general, la boia del canal d'Eivissa mostra un nombre més gran de valors amb menys salinitat (< 37 psu) que la de Palma. Aquest fet podria estar relacionat amb la circulació oceànica, ja que al canal d'Eivissa sol produir-se una entrada d'aigua d'origen atlàntic menys salina que la mediterrània. Així mateix, aquesta boia també manté un nombre més gran de valors de salinitat alta (> 38 psu).

En profunditat, els perfils de salinitat mitjana estacional capturats per les rosetes CTD de les campanyes RADMED[6] mostren els valors mínims de salinitat superficial < 37,5 psu a l'estiu a les estacions de Mallorca i Cabrera (figura 3). No obstant això, al nord de Menorca els mínims de salinitat superficial de 37,7 psu s'assoleixen a la tardor. Els màxims de salinitat superficial de 38 psu es registren a l'hivern al transsecte de Maó, possiblement indicant un grau superior de modificació d'aigua atlàntica.[6]

En profunditat, els valors estacionals de salinitat convergeixen al voltant de 38,48 psu i es mantenen constants a partir dels 1.000 m.

D'altra banda, un estudi de seguiment de les tendències de salinitat entre els anys 2011-2018 al canal de Mallorca mostra un augment de salinitat de + 0,010/any a profunditats intermèdies (300-700 m).[4]

Finalment, models de projecció de salinitat per al segle XXI mostren un augment de salinitat important (entre 0,08 i 0,37 psu) a fondàries intermèdies (150-600 m) a causa de l'augment d'evaporació a la conca.[7] No obstant això, per a la salinitat en superfície hi ha discrepàncies entre els models, perquè es desconeix l'efecte i l'abast de l'aigua dolça del desglaç de la zona polar a la Mediterrània.[7]

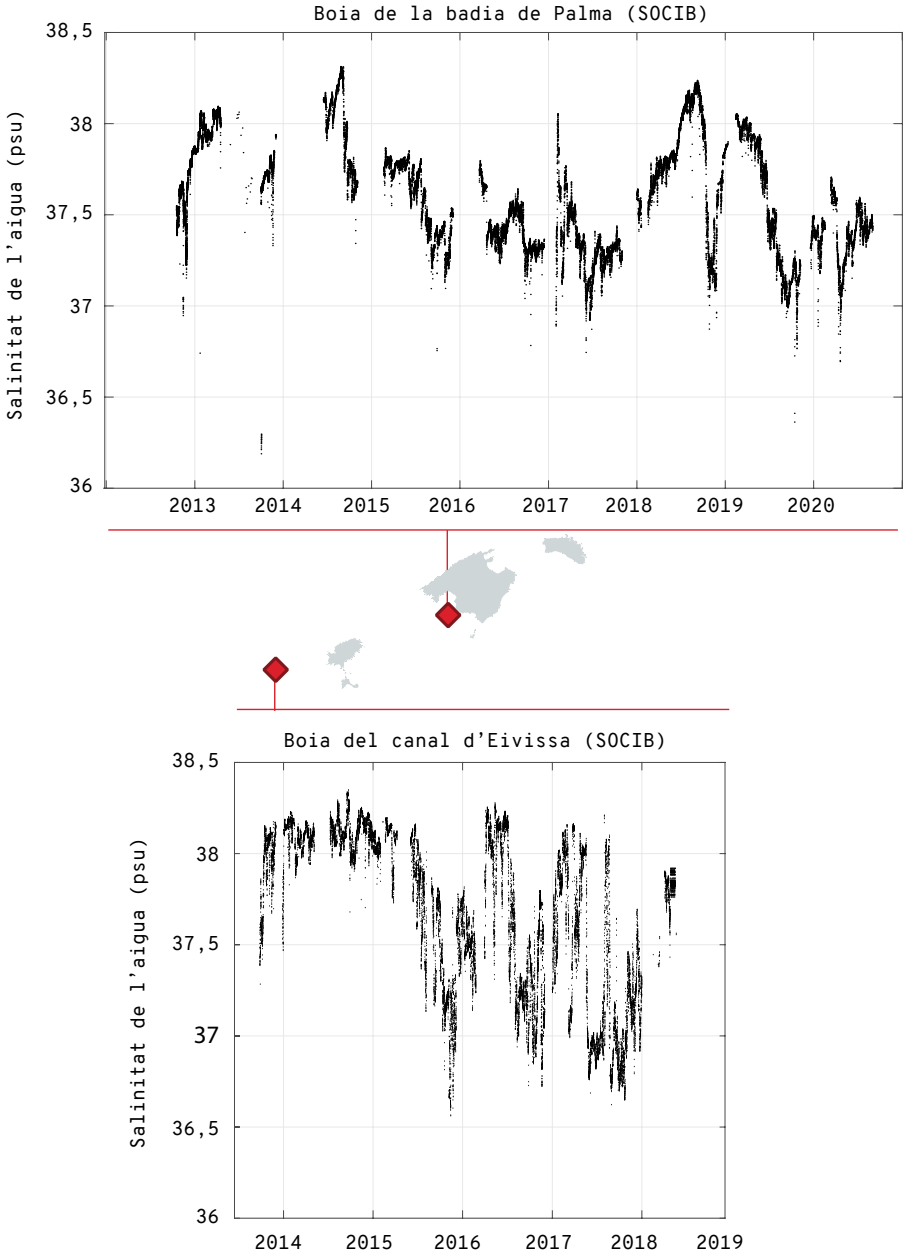


Figura 2. Evolució temporal de la salinitat a 1 m de profunditat capturada per les boies oceanogràfiques de Palma i del canal d'Eivissa. FONT: SOCIB.

CONCLUSIONS

→ A la mar Balear es necessiten sèries temporals de dècades per poder començar a inferir canvis de la salinitat.

→ El seguiment de la salinitat superficial des de l'any 2012 mostra que no hi ha un cicle estacional marcat amb molta variabilitat intra i interanual. Aquesta variabilitat està probablement induïda per canvis als corrents i l'advecció de diverses masses d'aigua, ja que la mar Balear és una zona de confluència entre les aigües més velles del nord (més influenciades per l'aigua de la conca llevantina i més salades) i les més noves del sud (més afectades per l'Atlàntic i menys salades).

→ En general, els canvis de salinitat observats, la seva variabilitat natural en el temps i la variabilitat espacial no són molt grans. El cicle estacional de la salinitat capturat per CTD mostra que les estacions del sud de Mallorca i Cabrera són les que assoleixen valors de salinitat mínims en superfície (< 37,5 psu) durant l'estiu. D'altra banda, els màxims de salinitat superficial de 38 psu s'assoleixen al nord de Menorca.

→ A partir dels 1.000 m de fondària la salinitat és ~ 38,48 psu a totes les estaciones de mostreig de CTD.

→ Models de predicció per a tot el segle XXI mostren increments substancials de la salinitat a fondàries intermèdies, d'entre 0,08 i 0,37 psu, associats a augments de l'evaporació de l'aigua de la conca de la Mediterrània.[7]

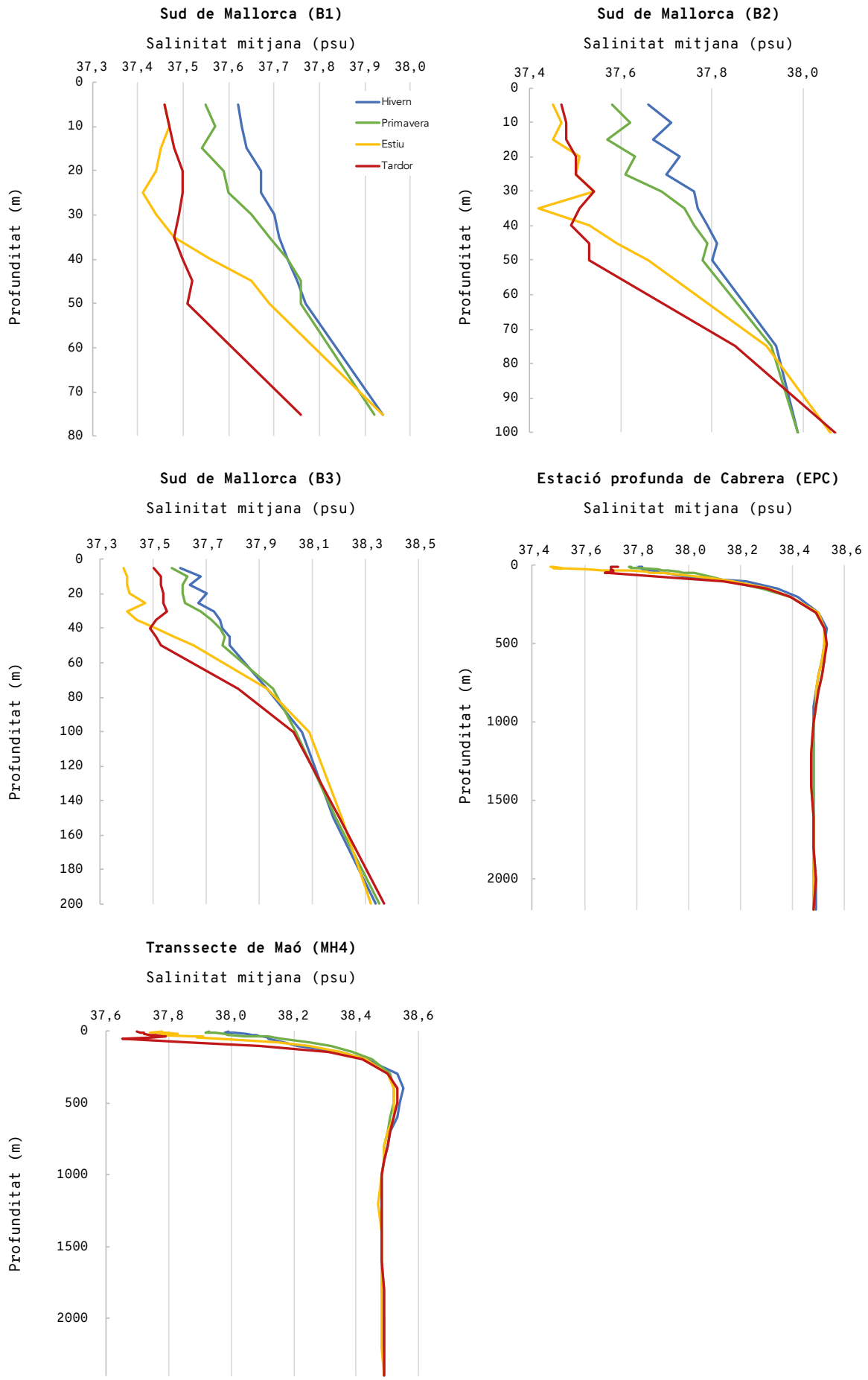


Figura 3. Transsectes de salinitat en profunditat recollits durant les campanyes de CTD del projecte RADMED. FONT: Vargas-Yáñez *et al.*[6]

REFERÈNCIES

[1] «Estrategias Marinas» [https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/IV_D7_Levantino-Balear_tcm30-130923.pdf].

[2] Fernández-Torquemada, Y; Sánchez-Lizaso, J. L. (2005). «Effects of salinity on leaf growth and survival of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile». *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 320(1), 57-63.

[3] Borghini, M. *et al.* (2014). «The Mediterranean is becoming saltier». *Ocean Sci.* 10(4), 693-700. https://doi.org/10.5194/os-10-693-2014.

[4] 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». *J Geophys Res Ocean*. 124(4), 2769-86. https://doi.org/10.1029/2018JC014636.

[5] Pascual, A. *et al.* (2017). «A Multiplatform Experiment to Unravel Meso- and Submesoscale Processes in an Intense Front (AlborEx)». *Frontiers in Marine Science*, 4, 39. https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00039.

[6] 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 de Cambio Climático. ISBN: 978-84-09-13597-4.

[7] Soto-Navarro, J. *et al.* (2020). «Evolution of Mediterranean Sea water properties under climate change scenarios in the Med-CORDEX ensemble». *Clim Dyn*. 54(3), 2135-65.

CITAR COM

Barrientos, N.; Vaquer-Sunyer, R.; Gomis, D.; Marcos, M.; Jordà, G.; Barceló-Llull, B.; Pascual, A.; Ruiz-Parrado, I. (2021). «Salinitat». A: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2021* <https://www.informemarbalear.org/ca/canvi-global/imb-salinitat-cat_2021.pdf>. https://doi.org/10.62135/JERN8866