

4.4. *Mare salis intellegere.* Comprendre la sal dels oceans

Nina Hoareau, Mikhail Emelianov, Joaquim Ballabrera, Carolina Gabarró, Verónica González-Gambau, Maribel Lloret, Estrella Olmedo, Marcos Portabella, Jordi Salat, Joaquín Salvador, Marta Umbert, Antonio Turiel

El 1987, el Prof. Fedorov, destacat oceanògraf soviètic de l'època, va dedicar una de les seves xerrades divulgatives a la salinitat de l'oceà i la va anomenar «La Ventafocs de l'oceanologia dinàmica». Fedorov deia que «El destí de la salinitat com a paràmetre físic està estretament relacionat amb la dinàmica de les aigües de l'oceà i és molt similar al destí de la pobra Ventafocs del conte de fades de Charles Perrault. I, com la pobra Ventafocs, fa temps que la salinitat clama justícia».

De fet, històricament, les observacions de salinitat han estat menys valorades que les d'altres paràmetres físics de l'oceà com la temperatura, els corrents, l'onatge o el nivell del mar.

La salinitat s'ha mesurat tradicionalment mitjançant campanyes oceanogràfiques (començant per la *Challenger Expedition*, entre 1872 i 1876) i més tard també en estacions fixes. La mesura sistemàtica a escala global, va començar en els anys 2000, amb els primers perfiladors Argo, i posteriorment amb el llançament del primer satèl·lit (Font *et al.* 2012) dedicat a mesurar la salinitat superficial des de l'espai, el *Soil Moisture and Ocean Salinity* (SMOS).

Per què és necessari mesurar la salinitat?

La salinitat és una variable oceànica fonamental. Contribueix, juntament amb la temperatura, a determinar la densitat, que modula la intensitat dels processos de mescla a la capa superior de l'oceà, la formació de masses d'aigua i la generació de corrents.

Els principals processos que influeixen en la variabilitat de la salinitat estan relacionats amb els intercanvis d'aigua entre l'oceà i l'atmosfera (evaporació i precipitació), i amb l'advecció. Si observem un mapa de salinitat superficial o una secció vertical de l'oceà Atlàntic de nord a sud, veiem que la salinitat varia d'un lloc a un altre (figura 1), amb uns valors, generalment entre 32 i 38, a l'oceà obert. No obstant això, s'ha observat que la concentració de sal en els oceans no presenta canvis notables a escala climàtica, i el seu valor mitjà és de 35.

Prop de la costa, la salinitat superficial es pot veure influïda per aportacions d'aigua dels rius, i en les zones polars pels mecanismes de formació i fusió del gel marí. Aquesta formació de gel marí contribueix a la formació d'aigües profundes, el principal forçament de la circulació general termohalina. Tot això, a més de l'evaporació i la precipitació, modifiquen la salinitat superficial, la qual cosa permet utilitzar-la com a traçador del cicle de l'aigua. D'altra banda, atès que només es modifica a la superfície, la salinitat s'utilitza juntament amb la temperatura com a traçador de masses d'aigua.

Com mesurar la salinitat?

Una de les principals observacions de la primera expedició oceanogràfica mundial, *Challenger Expedition* (1872-1876), va ser que «la salinitat varia d'un mar a un altre, però les proporcions relatives de les sals que la componen es mantenen». Gràcies a aquesta observació clau, mesurar la concentració d'un únic component

de les sals que conté en l'aigua de mar permet recuperar la concentració dels altres i, per tant, la salinitat. Fins a la primera meitat del segle xx, la salinitat (expressada en unitats de parts per mil; ppt o ‰) s'estimava a partir del contingut de clorurs, el component majoritari de les sals dissoltes en l'aigua de mar, per mètodes químics (Knudsen, 1901).

A partir dels anys 40 es va observar que, a una temperatura fixa, la conductivitat elèctrica de l'aigua de mar depenia de la salinitat, per la qual cosa es va anar substituint el mètode químic per la mesura de la conductivitat a una temperatura fixa. Aquest mètode va suposar l'arribada de nous instruments, els salinòmetres. A partir d'aquí, es va fixar la salinitat d'una mostra d'aigua com la relació de conductivitats a 15 °C, entre la mostra i un patró de salinitat de 35 ppt, de manera que aquesta nova escala (salinitat

pràctica de 1978; PSS-78 o PSU en anglès) no té unitats. Finalment, el 2010 es torna al concepte de concentració amb la salinitat absoluta en g kg^{-1} (TEOS-10). Com a conseqüència, en la literatura sovint trobem la salinitat en diferents unitats.

Resulta que des de finals dels anys 60 fins avui, el desenvolupament instrumental inclou un sensor de temperatura i de pressió, al costat del de conductivitat, arribant al famós Conductivitat-Temperatura-Profunditat (CTD en anglès), capaç de mesurar contínuament perfils verticals o horitzontals de temperatura i salinitat. Basant-nos en aquesta tecnologia, es van desenvolupar altres instruments autònoms, els anomenats termosalinògrafs (TSG), instal·lats en vaixells, que proporcionen mesuraments continus de temperatura i salinitat superficial durant la navegació. La majoria d'aquests instruments s'utilitzen comuna-

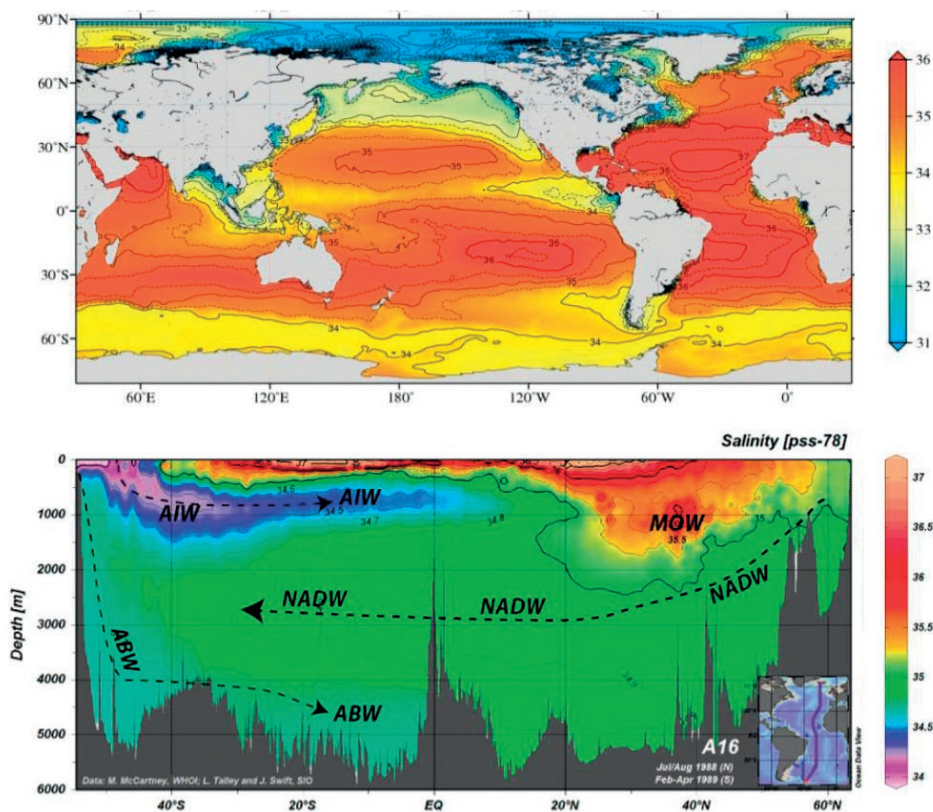


Figura 1. A dalt: salinitat superficial mitjana anual (World Ocean Atlas, 2018). A baix: transecte de salinitat en l'oceà Atlàntic, indicant les principals masses d'aigua: Aigua Antàrtica de Fons (ABW), Aigua Antàrtica Intermèdia (AIW), Aigua Profunda de l'Atlàntic Nord (NADW) i Aigua originària de la Mediterrània (MOW).

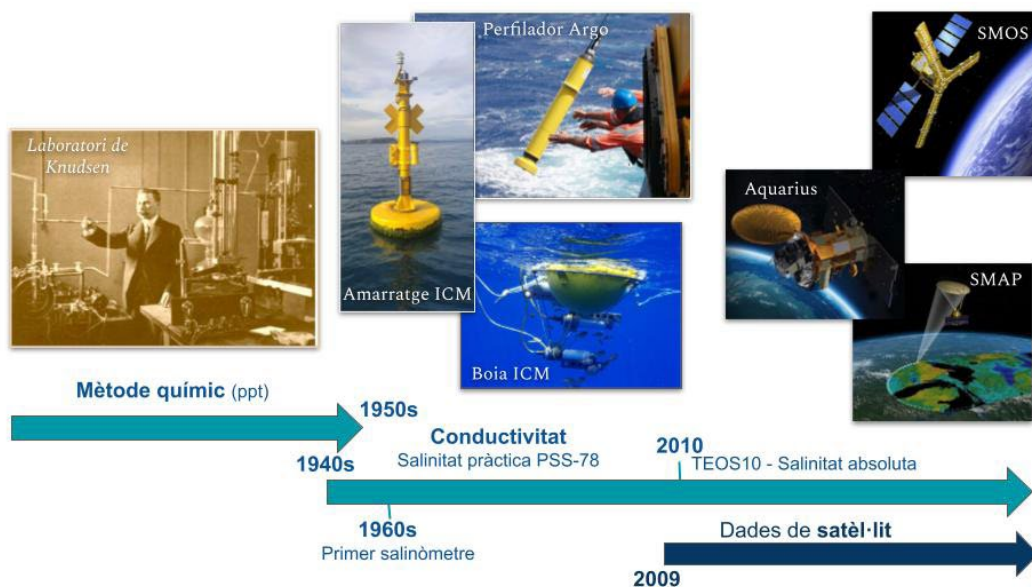


Figura 2. Cronologia dels mètodes de mesura de la salinitat del mar. Fotos d'esquerra a dreta: Matin Knudsen (1901); instrument basats en la tecnologia CTD; els satèl·lits SMOS, Aquarius i SMAP.

ment durant les campanyes oceanogràfiques des dels anys 70, però també s'utilitzen amarrats en ancoratges (estacions fixes) o en boies a la deriva, com ara l'estació fixa de l'Estartit i la boia ICM (Salvador *et al.* 2010), dissenyats a l'Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC). Amb l'objectiu i la necessitat de mesurar la salinitat de manera sistemàtica i global, la comunitat científica va iniciar a principis dels 2.000, el programa internacional Argo, que realitza mesuraments rutinaris a la columna d'aigua, proporcionant un seguiment continu dels oceans mitjançant uns 4.000 perfiladors autònoms, anomenats Argo, actius.

En paral·lel, també es van perfeccionar les tècniques per poder mesurar la salinitat superficial des de l'espai. Una nova generació de satèl·lits en banda L (1.4 GHz) va arribar 40 anys després dels primers satèl·lits oceanogràfics (1970). SMOS va ser el primer satèl·lit dissenyat per mesurar la salinitat superficial. Va ser llançat per l'Agència Espacial Europea (ESA) el 2009, en col·laboració amb diverses institucions europees, i el *Barcelona Expert Center* de l'ICM-CSIC en va liderar la part científica. Actual-

ment, amb l'arribada posterior de les missions Aquarius (2011-2015) i SMAP (2015) de la NASA, ja disposem de més de 10 anys de dades de salinitat superficial.

Per fi i gràcies a l'esforç continu de la comunitat científica, la «Ventafocs-salinitat» té, finalment, la rellevància que mereix, amb l'increment i la diversitat d'instrumentació per mesurar-la a diverses escales (figura 2). I avui en dia les observacions de salinitat segueixen augmentant en tots els oceans incloent-hi les zones polars, que malgrat llur influència en el clima segueixen estant poc estudiades.

Referències

- Font J., Ballabrera-Poy J., Camps A., *et al.* 2012. A new space technology for ocean observation: the SMOS mission, *Sci. Mar.* 76(S1): 249-259.
- Knudsen M. 1901. *Hydrographical tables*, Copenhagen, 63 pp.
- Salvador J., Fernández P., Julià A., *et al.* 2010. A new buoy for measurement and real time transmission of surface salinity, *CIESM 2010*, Venice, Italy.

DOI: <https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/14089>