

TENIM IDEA DE COM FUNCIONA LA MEDITERRÀNIA ?

RAMON MARGALEF

Membre emèrit de la Secció de Ciències Biològiques de l'Institut d'Estudis Catalans
Professor emèrit de la Universitat de Barcelona

SUMMARY

Advance in the study of pelagic ecosystems is shifting the interest towards the smaller and smallest scales in space (patches, fronts, eddies) and in time (successions over small scales, microbial loop, etc.). Plankton, in special phytoplankton, reveals structures and how they change in the water masses, in the same way as clouds reveal dynamics of the atmosphere. Discontinuities are particularly interesting: turbulent diffusion coefficients are low across them, but high along them. Mixing, diffusion and availability of nutrients, with subsequent grow of populations are narrowly associated with such distribution of physical properties. Some local examples, which recognition is more or less associated with past activities of the Institut d'Estudis Catalans are reminisced.

En ésser invitat a participar en aquest volum que fa cent, vaig intentar excusar-me, perquè en realitat no tinc res mínimament nou que valgui la pena aportar. Però la insistència de bons amics em féu trencar la decisió primera i, és clar, ha d'ésser amb alguna contribució que remuga experiències d'una època més activa de la meua vida. Hi ha potser alguna justificació, o la hi vull trobar. El 1961 vaig publicar una nota on, al darrer paràgraf i referint-me al fitoplàncton, deia: "Des d'ara es pot afirmar que les superfícies on els gradients físics prenen valors màxims són també llocs de *tensió* especial per a les poblacions d'organismes vegetals". D'això n'estic cada vegada més convençut i, a part d'algunes crítiques al fet que no s'hagi intentat una sinopsi descriptiva de la mar Catalana, dins la Mediterrània, les més dures serien per la falta d'un esforç prou intens per a analitzar sinòpticament les distribucions de les qualitats dinàmiques i químiques de l'aigua i integrar-les amb l'expressió de processos biològics en aquestes.

La nota pròpia a què he fet referència aparegué a les pàgines d'una Miscel·lània oferta al Dr. Eduard Fontserè i Riba, amb motiu del seu 90^e aniversari. Si altra cosa no, aquestes ratlles voldrien retre també un homenatge pòstum a Fontserè, tot recordant el seu interès constant per a esbrinar les relacions entre la meteorologia i la climatologia i, en el nostre cas, especialment

per al seva preocupació pels vents de llevant. Entre 1932 i 1934, i amb alguna relació amb la Secció de Ciències de l'Institut d'Estudis Catalans i l'Institut Oceanogràfic, tractà de posar en marxa una Comissió d'Estudi del Mar a Catalunya i s'iniciaren diverses observacions a bord del "Xauen", els resultats de les quals foren publicats el 1935 per R. de Buen i Francisco de P. Navarro. Crec que és un deure recordar en aquesta ocasió l'interès de Fontserè i potser també expressar certa recança perquè l'estudi de les relacions entre la física oceànica i la productivitat marina hagi quedat fora de l'àmbit de les atencions presents de l'Institut.

Posats a recordar, el 1917, en un dels primers volums dels *Arxius de la Secció de Ciències*, aparegué una nota de J. Pujiula donant compte d'observacions de llarga durada sobre la vida microscòpica en un petit volum d'aigua, segellat entre porta-objectes i lamineta cobridora durant llargues setmanes. Avui se'n diria un "nanocosmos", i les observacions de Pujiula caracteritzen prou bé allò que els biòlegs marins creuen haver descobert i defineixen com a *microbial loop*. Com a curiositat faré remarcar que en el meu exemplar del fascicle 4 de l'any V dels "Arxius", una figura d'"alga clorofícia" mostra els cloroplasts acolorits de verd (una veritable disbauxa tipogràfica en l'època).

Un no es pot imaginar la mar com a "màquina ecològica" si no és a escala global, o almenys molt gran. L'avantatge de mars menors relativament tancats, com la Mediterrània, és que permeten un estudi que, amb un esforç no necessàriament molt important, pot donar resultats relativament coherents. Evidentment, obtenir resultats significatius demana la col·laboració entre distints grups de treball, així com tenir en compte la informació ja acumulada, directa o indirecta, per a tenir un canemàs provisorï on situar els canvis temporals més recentment observats.

Com passa sovint, ara la tasca més urgent és reunir més informació. Mai no es tenen prou dades per a jutjar la qualitat de les hipòtesis que poden anar sorgint, i sempre s'hi afegeixen punts de vista nous. Basta recordar com l'estudi del plàncton ha estat recentment renovat, en afegir-hi una preocupació major per bacteris, cianobacteris i petits flagel·lats, del *microbial loop* que esmentava suara. Seria desitjable tenir dades obtingudes amb major densitat, tant en el temps com en l'espai. I molt probablement els descriptors habituals (temperatura, salinitat, nutrients si n'hi ha) no basten per a caracteritzar l'entorn si no es disposa de dades prou densament distribuïdes.

Un es pregunta també què passa amb els contaminants i si es podrien utilitzar com a traçadors. Les dades originals publicades són molt escasses. La fe augmenta a mesura que es van copiant i repetint, com en una religió qualsevol, i la peresa hi contribueix. S'hauria de poder disposar de les dades aconseguides per organismes oficials i per empreses consultores, cosa que serviria, ensem, per a comprovar-ne la qualitat, però ja suposo que la realització d'aquest desig, ben lògic per altra part, deu comportar complicadíssims problemes legals. Moltes dades es van passant d'unes publicacions a altres, sense integrar o utilitzar les noves dades que eventualment es van produint

amb la rapidesa que caldria i que sembla que hauria d'ésser permesa amb l'ajuda de les tècniques actuals d'informàtica.

Comentaré separatament alguns temes que demanen una síntesi nova que possiblement implicarà canvis en conceptes tradicionals. Sols en segon terme faig referència a qüestions biològiques: el dinamisme del plàncton i l'heterogeneïtat de les seves distribucions són molt més vius i discontinus del que se sol suposar. Això demana canviar radicalment les escales d'observació ordinàries o interpretar millor el significat de les escales usades en el passat. Agraïxo a Marta Estrada, a Jordi Salat i a altres persones de l'Institut de Ciències del Mar la comunicació de dades, materials i opinions encara no publicats i que, d'alguna manera, són al rerefons dels comentaris que segueixen.

DESCRIPCIÓ GENERAL DE LA NOSTRA MAR

És urgent revisar i reunir tota la informació disponible, tant sobre distribució de densitats i masses d'aigua com sobre corrents, mesurats directament com es pot fer ara, per a traçar un mapa actualitzat de la circulació a la Mediterrània, donant xifres de cabals i les seves fluctuacions. És també indispensable un estudi més seguit sobre la persistència i el canvi en les poblacions de plàncton. Hi ha informació recent de 1990 a 1993 que encara no ha estat sintetitzada i amb prou feines reunida. Conté indicis interessants: proliferacions de *Phaeocystis* i d'una grossa *Chrysochromulina* l'abril del 1991; contrastos en distribucions d'organismes, a escales molt més petites de les que s'acostuma a pensar i també ràpidament canviant. Els sediments permeten comprovar la importància de les coccolitoforals en retirar carboni en forma de carbonat de calci. Cal millorar la interpretació de les dades obtingudes per sensors remots.

FRONTERES O DISCONTINUITATS BEN MARCADES, I MÒBILS O FUGACES

El febrer de 1990 era ben evident una discontinuïtat física, biològicament també ben marcada, que coincidia amb un front importat, relativament persistent i lloc de màxima producció biològica. A a un costat dominava la diatomea *Chaetoceros* i a l'altre la coccolitoforal *Emiliania*. En unes poques hores de mal temps, el front es desplaçà entre 10 i 15 milles, conservant aproximadament una diferenciació biològica equivalent entre els dos costats. Totes les dades confirmen la localització de les majors productivitats en superfícies que són el lloc de gradients sobtats. La millor imatge que ens podem fer del fitoplàncton és que la seva proliferació, com els núvols, revela la presència de condicions canviades o de contrast. Cal, doncs, reconèixer i estudiar millor la generació i la presència de discontinuïtats en les distribucions de masses d'aigua; descriure els fronts i la seva dinàmica i explicar el seu significat en la producció biològica.

LA PRETESA “FORMACIÓ D’AIGUA PROFUNDA”

Crec que s’hauria de reexaminar a fons la hipòtesi tan repetida de la “formació d’aigua profunda en el golf de Lleó” i, tal vegada, oblidar-la. En el seu origen es troba, probablement, el fet d’haver-se establert una analogia no prou correcta o justificable entre el golf de Lleó i l’Atlàntic Nord. No basta reconèixer que en superfície es troba aigua amb una salinitat i temperatura potencial semblants a la del fons i acceptar que podria aleshores circular verticalment de manera indiferent. Que això no sigui impossible sembla confirmat per haver-se mesurat localment velocitats molt elevades en moviments verticals de l’aigua. Cal explicar per què es retroba en superfície aigua rica en elements nutritius (P, N, Si) que solament hi han pogut arribar per ascensió a partir de fondàries mitjanes, de 100 o 200 m almenys, sense excloure del tot que una fracció de l’aigua no hagi pogut anar de dalt cap a baix al mateix temps.

La raó principal de la meua relativa reticència a acceptar el model més generalment acceptat té a veure amb la localització de la major producció biològica al llarg d’un espai allargat i fins lineal, el que, en general, en direm un front. Sembla que el punt de vista més coherent amb els fets biològics és que aigua de fons ascendeix tot al llarg d’un front estès entre aigua costanera, que es mou en direcció NE-SW, i aigua de posició més central o més propera a les illes, de circulació anticiclònica. Aquest mecanisme de fertilització, llunyà a la costa, és l’únic mecanisme productiu important que persevera durant el llarg estiu. Solament es pot explicar per moviments ascendents nets. Si la realitat i la constància d’aquest front es confirmen, hom es podrà preguntar si hi existeixen ones amb un pla d’oscil·lació horitzontal que es mouen al llarg dels fronts. I si les ones internes amb un pla d’oscil·lació vertical s’interrompen, es reflecteixen o es difracten al nivell dels fronts verticals.

Els defensors de la teoria tradicional troben dificultats per a coordinar la persistència d’una mena de cúpula termohalina (les aigües més fèrtils) amb la circulació reconeguda, si no és encabint la regió més fèrtil entre dos fronts paral·lels, com si fossin falles geològiques. La “formació d’aigua profunda” es pot fer més entenedora dient que “el procés de convecció es parametritza i converteix una certa quantitat d’aigua de la capa superior en aigua de la capa inferior, a una taxa constant durant els tres mesos d’hivern”.

PAPER DE LA VORTICITAT

Els receptors de radiació infraroja usats des de l’espai proporcionen visions sinòptiques de la superfície de la mar i de la seva evolució, com té lloc, per exemple, sota l’acció del vent. Proposaria endegar una estadística repetida del nombre, de les mides i del sentit de rotació dels remolins, ciclònics i anticiclònics. Llur temperatura central es relaciona amb el sentit de rotació, car els ciclònics tenen aigua ascendent i més freda al centre; també són més

productius per la mateixa raó i així poden estar associats amb un senyal més intens de clorofil·la. Els remolins molt profunds –xemenies–, propers als fronts, el diàmetre dels quals és de l'ordre del radi de deformació (10-20 km), i que duren entorn d'una setmana, mereixen una atenció tota especial. S'hauria de tenir una visió temporal de la seva deriva i de la manera com s'acaben degradant. El que sembla que són els seus residus truncats els retrobem a la latitud de Barcelona. Són un fenomen molt característic de les nostres aigües, encara que no en són exclusius.

PERÍODES D'ESTRATIFICACIÓ

La Mediterrània és fortament estratificada a l'estiu, amb un màxim profund de clorofil·la, entre 60 i 80 metres de fondària, i una capa associada i situada a uns metres més de profunditat, de màxima concentració de nitrit (concentracions de més de 0,1 at- $\mu\text{gN/l}$). Aquesta capa fou vista a la Tirrena a la dècada dels 60 (Margalef *et al.*, 1966), i després s'ha trobat arreu en l'estació adient, incloent-hi altres mars com el Pacífic i el golf de Mèxic. Probablement és un fenomen general, biològicament ben explicable. És una pena que en fer anàlisis amb autoanalitzadors tal com es troben al mercat, amb $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ confosos, per peresa no es faci una discriminació que ecològicament és molt significativa, perdent o malbaratant així molt de temps i treball. L'estrat de concentració màxima de nitrit té una topografia pròpia, que inclou forats i "falles" i pot utilitzar-se per a conèixer algunes característiques de les relacions entre la producció nova i la total que inclou la reciclada (cf. Margalef, 1988).

Cal estudiar i, eventualment, reconèixer el sentit i la importància que té la coincidència freqüent entre múltiples superfícies de discontinuïtat (termoclina, nivell de propagació d'ones internes, nivell de màxim de nitrit i tal vegada d'alguna altra característica biològica) en relació amb la possible intensificació de la difusió horitzontal al seu nivell. Eventualment, s'hauria d'estudiar la possible aplicabilitat de models de percolació per a explicar com aquells moviments oscil·latoris repercuten en el transport vertical i eventualment l'acceleren.

DIVERSITAT I BIODIVERSITAT

És un tema pròpiament biològic, encara que estretament relacionat amb les característiques físiques i històriques de les diverses mars i, a més, de molta actualitat. El fitoplàncton i també el zooplàncton (cf. Vives; copèpodes) de la Mediterrània tenen una diversitat sorprenentment alta. La Mediterrània, o almenys la seva zona pelàgica, seria comparable a una Amazònia marina.

La reserva d'espècies, la "llavor" d'on surten les proliferacions, breus i repetides, de plàncton, mai no falta, sigui en forma de cèl·lules disperses en aigües profundes –fins a quina fondària?–, sigui en les poblacions molt diverses que es

troben a nivells relativament profunds, davall del màxim de clorofil·la i en relació amb la capa de màxim de nitrit suara esmentada. No sabem fins a quin punt aquestes cèl·lules es mantenen viables, i, si s'hi mantenen, la fracció que ho són. Hi ha d'haver relació entre l'estabilitat hidrogràfica, la mida mitjana de les estructures hidrogràfiques en una mar i la diversitat del banc genètic, en aigües més o menys profundes. Les amenaces a la biodiversitat pelàgica s'han de pensar i posar en termes diferents que per als ecosistemes litorals i terrestres.

FACTORS DE PRODUCCIÓ LOCAL I COSTANERA

Fenòmens locals, petits afloraments costaners, dinàmica introduïda pels rius, etc., poden regular la producció planctònica prop de les costes. En aquest capítol es poden esmentar els canvis subsegüents a la regularització o reducció dels cabals dels rius (Nil, Ebre), que poden ésser especialment negatius sobre les poblacions d'algunes espècies de peixos, com les sardines, que tenen el seu cicle vital sincronitzat amb peculiaritats hidrogràfiques locals, que inclourien una forta heterogeneïtat hidrogràfica.

Altres espècies d'interès comercial (seitó) poden estar més associades als fronts, o llur biologia pot ésser més dependent d'aquests, que podrien definir també una ruta de migració (tonyines). Petits desplaçaments verticals o horitzontals dels peixos els permeten seleccionar els sistemes gratuïts i naturals de transport; la importància d'aquesta mena de mecanismes pot ésser gran per a la supervivència dels estadis larvaris. A la nostra mar tindriem les següents *línies* de transport: lluny de la costa, més enllà del front: 1 sup SW⇒NE, 2 fons NE⇒SW; costa, ençà del front: 3 superfície NE⇒SW, 4 fons SW⇒NE.

DIMENSIÓ DE LES FINESTRES D'ENTRADA D'ENERGIA EXOSOMÀTICA

Seria un bon tema d'estudi global tractar d'examinar i generalitzar a nivell planetari la validesa de la hipòtesi segons la qual les mars secundàries, per la seva superfície menor, ofereixen una finestra més petita a l'entrada d'energia exosomàtica. Per la mateixa raó conserven més persistentment estructures hidrogràfiques que assegurin una producció primària, si no molt intensa i continuada, si potser més constant en la seva suma i també en el motiu de la seva distribució local. Precisar la mitjana, la varianza i la distribució en l'espai d'aquesta producció i relacionar-la amb l'extracció de peix és una deducció d'interés pràctic.

INTERACCIÓ ENTRE L'ATMOSFERA I LA MAR

Estructures hidrogràfiques marines poden fer una funció com a guia de les trajectòries de pertorbacions atmosfèriques, petites però violentes. El golf de Lleó és lloc de maltempades; la ciclogènesi i la ruta de les pertorbacions

atmosfèriques pot anar més o menys associada a distribucions de propietats físiques en les aigües marines. La tèrmica marina és important també per a explicar desviacions notables del comportament usual en sistemes de temps que vénen de l'Est, en arribar a la Mediterrània, particularment en certs moments de l'any, com, per exemple, quan la temperatura de l'aigua superficial és molt elevada.

SIGNIFICAT DEL NIVELL DE LA MAR I DE LES SEVES VARIACIONS

Les variacions locals del nivell de la Mediterrània integren una munió de causes diverses: una ona de marea relativament petita, diferències degudes a canvis en la pressió atmosfèrica i amb els seus gradients horitzontals, altres resultant directament dels vents, sense oblidar les variacions dites estèriques, corresponents a la menor densitat estival de l'aigua –i corresponentment a un major nivell de la superfície en aquesta estació. Suposo que és urgent tractar d'intensificar l'obtenció d'informació sinòptica sobre el nivell de la mar i recupear, si hi són i es pot, dades antigues mig perdudes o oblidades.

ES POT ARRIBAR A UNA VISIÓ SINÒPTICA QUE SIGUI SATISFACTÒRIA?

Acceptant provisioanalment algunes de les hipòtesis assenyalades i establint-ne de noves, per tal de relligar raonablement els indicis que es tenen, crec que es podria refer, actualitzant-la, la imatge fonamental, a grans trets, de com funciona la Mediterrània, damunt la qual s'insereixen les variacions de temporada i altres de més irregulars.

Tothom està d'acord sobre la importància de l'evaporació excessiva, que fa de la nostra mar una cubeta de concentració. Aquest fet defineix la mena de bescanvi que té lloc a Gibraltar. La mar Adriàtica, que rep relativament més aigua dolça, vindria a representar un diverticle relativament invertit dins la Mediterrània, com ho és, més fortament encara, la mar Negra. Això dóna especial significació als estrets que comuniquen la Mediterrània amb les mars esmentades. Dins aquesta caracterització general, les descripcions locals no sempre encaixen les unes amb les altres i solen mancar de la desitjable uniformitat funcional.

En termes generals, tal vegada és acceptable afirmar que la Mediterrània té una circulació perifèrica pràcticament contínua al llarg de totes les costes, sempre dirigida vers la dreta mirant des de terra, amb acceleracions associades a la presència d'aportacions d'aigua dolça, per exemple, al nivell dels rius importants. La circulació s'afebliria allí on o quan cau poca pluja (baixa addició d'aigua poc salada). A certa distància de la costa (80-100 km; quin sentit té aquesta distància?) es reconeix molt sovint un front, que pràcticament podria ésser gairebé

continu, encara que amb variacions locals en el contrast perceptible entre els dos llavis del front. Aquesta hipòtesi és segurament agosarada, tant per voler uniformitzar massa una mar força diversa, com perquè evidentment no resulta aplicable a alguns segments del circuit total.

A les regions centrals, la circulació, més sinuosa, si es veu tancada, té principalment sentit anticiclònic, i eventualment està descomposta en diversos circuits, en funció de la divisió de les conques i de les seves extensions respectives. Aquesta circulació estaria tal vegada associada amb la persistència relativament llarga d'altres pressions –estats anticiclònics– damunt la Mediterrània, tal com es verifica, almenys durant part de l'any, o en podria dependre.

Aquestes situacions són evidents entre la costa catalana i les Balears, al front lligur, al llarg de les costes argelines (Arnone *et al.*, 1990), entre Eivissa i Sardenya (Perkins i Pistek, 1990), a la mar Tirrena al W. de Nàpols (Margalef *et al.*, 1966; Raimbault *et al.*, 1993

Proposo que es tingui present de manera més general aquesta hipòtesi de treball en planificar alguna campanya que cobreixi un espai suficient per a comprovar si la manera, aquí suggerida, de veure i interpretar els fronts és correcta. Una aproximació possible seria intentar desenvolupar criteris per a seguir algun front, tot navegant. A propòsit d'aquesta possibilitat, recordo una llarga conversa personal amb Ibáñez sobre la possibilitat d'optimitzar trajectòries d'exploració; la conclusió fou que no pot tenir gaire sentit, perquè el més inesperat és el que dona més informació. Facis el que facis, la suma de dades aconseguides val, informativament, igual. Som nosaltres els que li hem de trobar el significat, a la mida de les nostres imaginacions.

REFERÈNCIES

- ARNONE, R. A., WIESENBERG, D. A., i SAUNDERS, K. D. (1990). The origin and characteristics of the Algerian Current. *J. Geophys. Res.*, **95** C2, 1587-1598.
- BARNIER, B., CRÉPON, M., i LE PROVOST, C. (1989). Horizontal Ocean Circulation forced by Deep-water formation. Part II. A quasi-geostrophic simulation. *J. Phys. Ocean.*, **19**, 1794-1808.
- BETHOUX, J. P. (1980). Mean water fluxes across sections of the Mediterranean Sea, evaluated on the basis of water and salt budgets and of observed salinities. *Oceanol. Acta*, **3**, 79-88.
- DE BUEN, R. i NAVARRO, F. DE P. (1935). Condiciones oceanográficas de la costa catalana entre la frontera francesa y el Golfo de San Jorge. *Trab. Inst. Esp. Oceanogr.*, **14**, 1-47.
- CRÉPON, M., BOUKTHIR, M. BARNIER, B., i AIKMAN III, F. (1989). Horizontal Ocean Circulation forced by Deep-water formation. Part I: An Analytical Study. *J. Phys. Oceanogr.*, **19**, 1781-1792.

- FONT, J. (1990). A comparison of seasonal winds with currents in the continental slope of the Catalan Sea (NW Mediterranean). *J. Geophys. Res.*, **95 C2**, 1537-1545.
- FONTSERÈ, E. (1934). Les seixes de la costa catalana. *Nota d'estudi del Servei Meteorològic de Catalunya*, 58.
- GARCIA-LADONA, E., i DJENIDI, S. (1991). A reduced-gravity model of the Catalan Sea. *J. Marine Systems*, **1**, 333-341.
- GASCARD, J. C. (1978). *Oceanol. Acta*, **1**, 315-330.
- LACOMBE, H., GASCARD, J. C., GONELLA, J., i BETHOUX, J. P. (1981). Response of the Mediterranean to the water and energy fluxes across its surface, on seasonal and interannual scales. *Oceanol. Acta*, **14**, 247-255.
- LA VIOLETTE, P. E., TINTORÉ, J., i FONT, J. (1990). The surface circulation of the Balearic Sea. *J. Geophys. Res.*, **95 C2**, 1559-1568.
- LEVINE, E. R., i WHITE, W. B. (1972). Thermal frontal zones in the Eastern Mediterranean Sea. *J. Geophys. Res.*, **77**, 1081-1086.
- LÓPEZ, M. J., MILLOT, C., i FONT, J. (1993). Circulación superficial en el Mar Balear durante el invierno a partir de imágenes NOAA-AVHRR. Teledetección y Medio Ambiente. Sevilla, nov. 1991. pp. 355-361.
- MARGALEF, R. (1961). Distribució i dinàmica de les poblacions de plàncton vegetal, en relació amb les superfícies de transició i discontinuïtat. *Miscel·lània Fontserè*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili. S. A., pp. 245-257.
- MARGALEF, R. (1985). Environmental control of the mesoscale distribution of primary producers and its bearing to primary production in the Western Mediterranean. A: *Mediterranean Marine Ecosystems*, M. Moraitou-Apostolopoulou i V. Kiortsis, eds. Nato Conference Series, I. Ecology, **8**, 213-229.
- MARGALEF, R. (1988). La relación entre la producción reciclada y la producción nueva en sistemas planctónicos. *Perspectiva en Oceanografía, CAICYT*. Univ. Menéndez Pelayo, julio 1987: 49-54.
- MARGALEF, R., HERRERA, J., STEYAERT, M., i STEYAERT, J. (1966). Distribution et caractéristiques des communautés phytoplanctoniques dans le bassin Tyrrhénien de la Méditerranée en fonction des facteurs ambiants et à la fin de la stratification estivale de l'année 1963. *Bull. Inst. R. Sci. Nat. Belgique*, **42(5)**, 1-56.
- MARTÍNEZ, R., ARNONE, R. A., i VELÁZQUEZ, Z. (1990). Chlorophyll a and respiratory electron transport system activity in microplankton from the surface waters of western Mediterranean. *J. Geophys. Res.*, **95 C2**, 1615-1622.
- MILLER, A. R., TCHERNIA, P., i CHARNOCK, H. (1970). *Mediterranean Sea Atlas of*

- temperature, Salinity, oxygen profiles and data from cruise of R. V. Atlantis and R. V. Chain.* Woods Hole Oceanogr. Inst., Woods Hole, Mass., 190 pp.
- MILLOT, C. (1987). Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Oceanol. Acta*, 10, 143-149.
- MINAS, H.-J. (1971). Résultats de la campagne "Médiprod I" du Jean Charcot (1-14 mars 1969 et 3-17 avril 1969). *Cahiers Océanogr.*, suppl. 1, 23, 93-144.
- OVCHINNIKOV, I. M. (1966). Circulation of the surface and intermediate layers of the Mediterranean. *Oceanology*, 6, 48-59.
- OZSOY, E., HECHT, A. i UNLUATA, U. (1989). Circulation and hydrography of the Levantine Basin: results of POEM coordinated experiments 1985-1986. *Progress in Oceanography*, 22, 125-170.
- PERKINS, H., i PISTEK, P. (1990). Circulation in the Algerian Basin during June 1986. *J. Geophys. Res.*, 95 C2, 1477-1585.
- PUJIULA, J. (1917). Aquàrium microscòpic. *Arxius de l'Institut de Ciències*, 5 (4), 189-194.
- RAIMBAULT, P., COSTE, B., BOULHADID, M., i BOUDJELLAL, B. (1993). Origin of high phytoplankton concentration in deep chlorophyll maximum (DCM) in a frontal region of the Southwestern Mediterranean Sea (Algerian Current). *Deep-Sea Res. I*, 40, 791-804.
- SAVENKOFF, C., PRIEUR, L., REYS, J.-P., LEFÈVRE, D., DALLOT, S., i DENIS, M. (1993). Deep microbial communities evidenced in the Liguro-Provençal front by their ETS activity. *Deep-Sea Res. I*, 40, 709-725.
- TCHERNIA, P. (1980). *Descriptive regional Oceanography*. Pergamon Press, Oxford, etc., 253 pp.

(Original rebut per a publicació
el dia 14 de setembre de 1993)