

Institut

L'OCEÀ TEMPERA, PRODUEIX I RECICLA

d'Estudis

CÈLIA MARRASÉ PEÑA

Catalans

BARCELONA, 2020

Institut d'Estudis Catalans

L'OCEÀ TEMPERA, PRODUEIX I RECICLA

Discurs llegit en la sessió inaugural
del curs 2020-2021

CÈLIA MARRASÉ PEÑA

Secció de Ciències Biològiques

BARCELONA, 2020

Marrasé, Cèlia, autor

L'Oceà tempera, produeix i recicla : discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2020-2021. — Primera edició

Bibliografia

ISBN 9788499655581

I. Institut d'Estudis Catalans II. Títol

1. Interacció mar-atmosfera 2. Canvis climàtics 3. Biologia marina

551.465.7

551.588.16

551.583

574.5(26)

© Cèlia Marrasé Peña

© 2020, Institut d'Estudis Catalans, per a aquesta edició

Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Primera edició: octubre de 2020

Text revisat lingüísticament per la Unitat de Correcció del Servei Editorial de l'IEC

Disseny gràfic: Enric Satué

Compost per la Unitat de Producció del Servei Editorial de l'IEC

Imprès a Open Print, SL

ISBN: 978-84-9965-558-1

Dipòsit Legal: B 19017-2020

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del *copyright*, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o d'Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

1. INTRODUCCIÓ

Les aigües marines ocupen el 70 % de la superfície del planeta i constitueixen l'element clau per al clima, la vida i la salut de la biosfera i, per tant, també per a la vida i la salut humanes. No obstant això, l'oceà (així és com em referiré al conjunt de les aigües marines) continua essent un gran desconegut, en part a causa de la dificultat que representa l'observació d'un medi aliè, on múltiples processos de naturalesa diversa (físics i biogeoquímics) tenen lloc simultàniament i a escales de temps i espai diferents.

Durant les últimes dècades, s'ha avançat força en el coneixement de les aigües superficials, sobretot gràcies a l'estudi de senyals observables amb sensors remots, però també en el de les aigües més fondes, mitjançant els perfiladors de deriva autònoms, anomenats també *boies Argo*. Aquest nom fa referència al projecte internacional «Argo», que compila i distribueix dades d'unes quatre mil boies repartides per tots els oceans i mars. Aquests perfiladors permeten fer mesuraments de pressió, temperatura i salinitat en transectes verticals que poden arribar fins a més de dos mil metres de fondària (figura 1a). Recentment, també s'han llançat nous models que poden enregistrar variables biogeoquímiques (<https://biogeochemical-argo.org/>). La disponibilitat d'aquestes dades en zones molt diverses del nostre planeta (figura 1b) ha permès fer una exploració més exhaustiva (encara que amb menys precisió que la que es pot fer *in situ* a bord de vaixells oceanogràfics) de la dinàmica de l'oceà. Tanmateix, resten moltes preguntes obertes sobre el seu

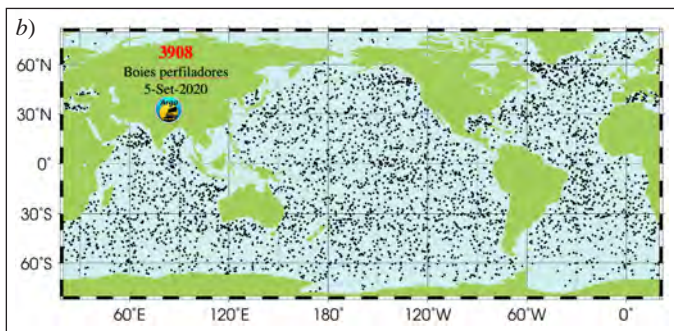
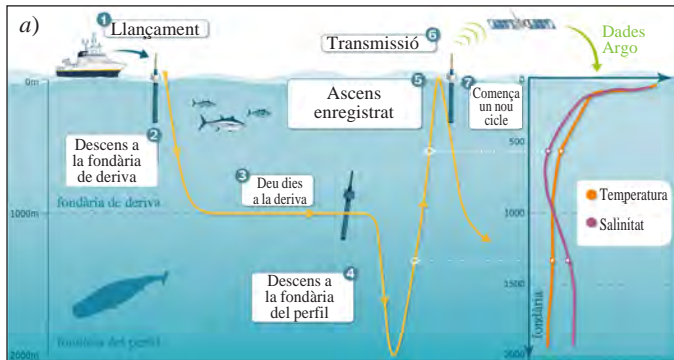


FIGURA 1. a) Esquema del ciclo d'operació des del llançament de la boia Argo fins a l'enregistrament de les dades. Figura modificada de <https://argo.ucsd.edu/how-do-floats-work/>; b) posició de les 3 908 boies Argo el setembre de 2020 segons <https://argo.ucsd.edu/about/status/>.

funcionament, sobretot, en relació amb la diversitat d'espècies i la tasca que desenvolupen en els processos biogeoquímics.

En aquesta presentació descriuré el paper, sovint oblidat, de l'oceà en la regulació del clima, incidint d'una manera especial en processos biològics associats a aquesta regulació. També presentaré, des d'una perspectiva marina, una pinze-

llada de la correspondència entre canvi global, canvi climàtic i salut, i reflexionaré sobre per què, en el context del canvi global, urgeix destinar els esforços a conèixer la variabilitat temporal i espacial de la dinàmica oceànica, i a determinar quins agents naturals i induïts per l'ésser humà la modulen.

2. L'OCÈA ACUMULA I TRANSPORTA CALOR

La hidrosfera, juntament amb l'atmosfera, són els elements més dinàmics del sistema climàtic. Dins de la hidrosfera, cal destacar el paper regulador de l'oceà en el clima. Aquesta regulació que exerceix l'oceà resideix en una sèrie de particularitats. Una és la seva gran capacitat calorífica (mil dues-cents vegades la de l'atmosfera), deguda a l'alta calor específica de l'aigua en comparació amb la de l'aire i a la major proporció d'aigües marines en el conjunt de la hidrosfera (97 %) (taula 1). Una altra particularitat és la seva capacitat per distribuir calor i materials per tot el globus terrestre, com si es tractés d'una gran cinta transportadora. Els corrents marins viatgen des de les zones equatorials, on hi ha un guany net de calor en superfície, cap a latituds altes —els pols—, on hi ha pèrdues de calor. A causa d'aquestes pèrdues, l'aigua augmenta de densitat i això provoca que s'enfonsi. Aquesta dinàmica alimenta el que s'anomena *circulació termohalina*, *recirculació global profunda* o *cinta transportadora oceànica* (figura 2).

6

TAULA 1
*Dades comparatives entre l'atmosfera i la hidrosfera
en relació amb la capacitat calorífica dels dos compartiments*

	<i>Atmosfera</i>	<i>Hidrosfera</i>
Calor específica ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)	1 000 (aire)	4 200 (aigua)
Massa total (kg)	5×10^{18}	$1\,405 \times 10^{18}$ *
Capacitat calorífica (J K^{-1})	5×10^{21}	$5\,900 \times 10^{21}$

* El 97 % de la massa de la hidrosfera es troba als oceans.

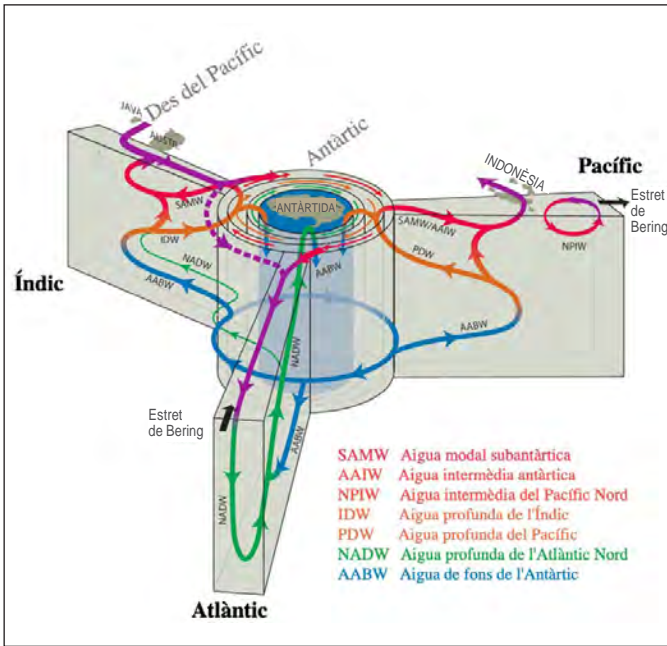


FIGURA 2. Esquema de la recirculació global profunda. Els colors de les fletxes indiquen les diferents masses d'aigua. Figura modificada de Talley (2013).

El corrent del Golf, que és un exemple clàssic de transport de calor per superfície cap a latituds altes, forma part d'aquesta circulació, que, a més de transportar aigua i energia (calor), també transporta substàncies dissoltes i materials en suspensió. D'altra banda, l'enfonsament d'aigües que té lloc a les zones fredes submergeix materials en suspensió i dissolució, i gasos atmosfèrics —principalment, oxigen i CO_2 —, cap a zones profundes de l'oceà, per on circulen, lentament, els corrents de retorn.

3. L'OCÈA CAPTA, EMET, TRANSPORTA I ACUMULA CARBONI

L'intercanvi de CO_2 entre l'oceà i l'atmosfera s'esdevé gràcies a processos físics, químics i biològics. Aquest intercanvi depèn, en part, de les diferències en la pressió parcial entre l'aigua i l'atmosfera. Les reaccions químiques que es produeixen quan el CO_2 es dissol dins l'aigua fan que l'equilibri entre el CO_2 i els ions hidrogencarbonat i carbonat es desplaci cap a l'ió carbonat, fet que afavoreix l'entrada de nou CO_2 a l'aigua.

Si no fos per aquests equilibris químics, l'absorció del CO_2 es reduiria fins a deu vegades i tindriem concentracions atmosfèriques de CO_2 encara més elevades que les actuals. Però l'equilibri no és només químic: la vida de l'oceà també hi intervé. Com veurem més endavant, els processos biològics de la fotosíntesi i de la respiració acabaran regulant finalment la magnitud i la direcció del transport de carboni entre l'atmosfera i l'oceà.

3.1. *Bombes de carboni*

S'anomena *bomba de carboni oceànica* el conjunt de processos que participen en el transport de carboni des de la superfície fins a aigües més fondes. El 1985, Volk i Hoffert van definir tres tipus de bombes: la bomba de solubilitat, la bomba del carbonat i la bomba del carboni orgànic. La *bomba de solubilitat* resulta de l'enfonsament d'aigües fredes riques en CO_2 . La major part d'aquest carboni queda atrapat en aigües profundes durant centenars o milers d'anys. Tanmateix, quan aquest

carboni és transportat de nou a aigües superficials de zones més càlides, la menor solubilitat del CO_2 a temperatures altes pot generar emissió de CO_2 a l'atmosfera. Pel que fa a la *bomba del carbonat*, inclou els processos relacionats amb la precipitació de CO_3Ca per part del plàncton amb esquelet calcari, com les algues coccolitoforals o els foraminífers. Aquesta precipitació (vegeu l'equació 1) en aigües superficials allibera CO_2 , fet que contribueix a l'emissió d'aquest gas a l'atmosfera.



La tercera bomba, la *bomba del carboni orgànic*, s'origina per acció de la fotosíntesi, procés pel qual els organismes fotosintètics transformen el carboni inorgànic en matèria orgànica (equació 2). En aquest procés es consumeix CO_2 i, per tant, s'afavoreix la captació de CO_2 atmosfèric.



El procés de la fotosíntesi genera matèria orgànica particulada (MOP) i matèria orgànica dissolta (MOD). Aquestes dues fraccions són font d'energia per a organismes heteròtrofs i la seva utilització fa que la major part d'aquesta matèria es remineralitzi en aigües superficials, si bé una porció s'enfonsarà per processos de sedimentació i advecció. En aigües fondes, la matèria particulada encara és susceptible de remineralitzar-se per processos biològics, però una ínfima quantitat arribarà al fons i formarà part de l'embornal de carboni, una reserva de carboni que pot perdurar durant milers d'anys. Els processos biològics d'utilització i reutilització de les dues fraccions generen matèria orgànica dissolta cada vegada menys biolàbil i, per tant, quedarà segregada en dissolució durant un

llarg període, similar al temps de renovació de les aigües oceàniques (Catalá *et al.*, 2015). El conjunt d'activitats microbianes que afavoreix aquest segrest de matèria dissolta rep el nom de *bomba de carboni microbiana* (Jiao *et al.*, 2010).

3.2. *Reserves i fluxos de matèria orgànica*

L'oceà allotja una biomassa¹ de 6 Gt de C (Bar-On *et al.*, 2018) i, encara que aquesta quantitat només representa aproximadament un 1 % de la biomassa terrestre, la producció de matèria orgànica en el sistema marí és de 53,6 Gt C/any, molt similar a la terrestre (Carlson i Hansell, 2015). Aquesta producció té lloc gràcies als organismes autòtrofs, la majoria dels quals són fotosintètics i, per tant, necessiten l'energia lumínica. A la zona fòtica —la zona on arriba llum suficient per al procés de la fotosíntesi— és on també s'utilitzarà i es remineralitzarà la major part de la matèria orgànica produïda. Només un 32 % de la MOP i un 9 % de la MOD s'exporten anualment a la zona afòtica de l'oceà (figura 3).

La fracció particulada, en el seu camí cap al fons del mar, anirà sent solubilitzada i/o remineralitzada, i tan sols arribaran a sepultar-se unes 0,3 Gt de carboni, una quantitat que representa el 0,5 % anual de tota la producció i un 0,9 % de la fracció particulada. Com he esmentat anteriorment, un percentatge petit de la matèria orgànica dissolta (un 9 %) arri-

1. En oceanografia, la biomassa i la matèria orgànica (ja sigui dissolta o particulada) es quantifiquen mesurant el contingut de carboni. Així doncs, al llarg del text, la biomassa, la matèria orgànica i el carboni orgànic s'expressaran en les mateixes unitats de massa (1 Gt = 10^{15} g).

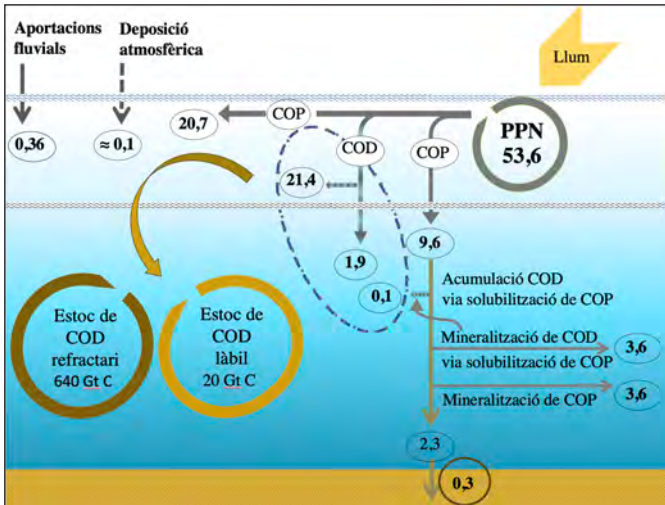


FIGURA 3. Balanç global del carboni orgànic, incloent-hi les fraccions de carboni orgànic dissolt (COD) i el carboni orgànic partícult (COP). Els fluxos s'indiquen en Gt C any⁻¹. Els estocs de COD refractari i làbil, en Gt C. PPN significa producció primària neta. Dades de Carlson i Hansell (2015).

11

barà a les capes profundes, i ho farà sobretot per processos de convecció. Una gran part de la MOD que arriba al fons trigarà molt a remineralitzar-se i quedarà segrestada durant un llarg període de temps. Als oceans, la major part de la MOD és d'origen autòcton i produïda a la zona fòtica per organismes fotosintètics, mentre que les pèrdues són degudes a processos de degradació biològica, bàsicament microbiana, en tota la columna d'aigua, tot i que, en superfície, l'energia lumínica pot intervenir en la degradació de compostos fotolàbils.

L'oceà rep anualment dels continents unes 0,36 Gt de carboni orgànic. Encara que és un percentatge petit respecte a

la producció autòctona, contribueix al caràcter heterotròfic dels oceans i a l'acumulació de MOD al medi marí. Actualment, l'estoc de carboni orgànic dissolt (COD) acumulat als oceans és d'unes 700 Gt. Aquesta quantitat representa unes cent vegades la fracció de carboni orgànic particulat (COP): és comparable a la quantitat de carboni inorgànic que hi ha a l'atmosfera o a tota la biomassa vegetal terrestre. Constitueix una de les majors reserves de carboni reduït del planeta, i un petit canvi en la seva dinàmica podria suposar un gran impacte en la concentració del CO₂ a l'atmosfera.

S'ha estimat que una oxidació neta de només l'1 % de la MOD marina durant un any seria suficient per generar un flux de CO₂ de retorn a l'atmosfera equivalent al produït anualment per la crema de combustibles fòssils. Tenint en compte la importància d'aquest compartiment de matèria orgànica, la comunitat científica, des de fa dècades, està invertint molts esforços en l'estudi de la dinàmica de la MOD marina. Tanmateix, malgrat els avenços recents, encara estem lluny de conèixer amb detall la composició i els mecanismes que en regulen la qualitat i la quantitat. És necessari continuar estudiant la dinàmica de les diferents fraccions de matèria orgànica marina, atesa la situació actual d'augment constant d'emissions de CO₂.

3.3. *Distribució i fraccions de la matèria orgànica dissolta*

Tot i que, globalment, la quantitat de carboni orgànic dissolt a l'oceà és molt gran —les 700 Gt que he esmentat—,

les concentracions són baixíssimes, sobretot en aigües fondes, i això dificulta en gran manera conèixer els gradients de concentració. No obstant això, en els últims anys, s'ha fet un treball considerable per compilar dades de tots els oceans. En aquest context, cal agrair la gestió del grup del doctor Hansell, que ha possibilitat l'accés obert a moltes bases de dades de diferents campanyes oceanogràfiques al portal del seu laboratori (<https://hansell-lab.rsmas.miami.edu/research/data-collection/index.html>). Aquestes dades indiquen que en l'oceà profund la concentració de COD disminueix aproximadament un 22% al llarg del seu camí per la circulació fonda termohalina, des de l'Atlàntic Nord profund fins al Pacífic Nord profund (figura 4). Per aquesta raó, les aigües més velles del Pacífic profund són les més pobres en COD.

13

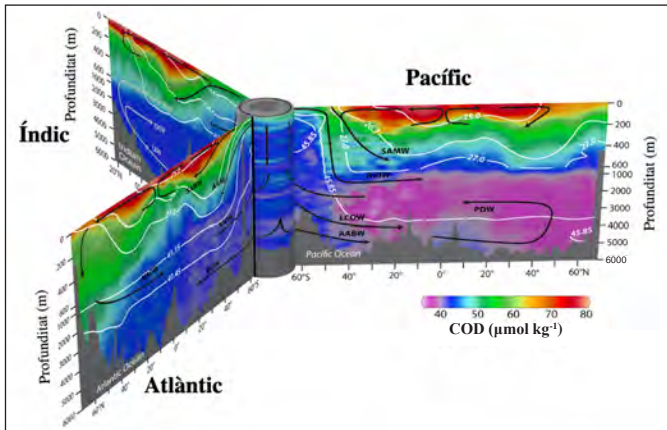


FIGURA 4. Distributions de la concentració de COD en $\mu\text{mol kg}^{-1}$ a l'Atlàntic Central, el Pacífic Central i l'Índic Oriental. El gradient de colors indica la concentració. Figura modificada de Hansell *et al.* (2009).

La dificultat per analitzar la concentració total de carboni orgànic en aigües marines és deguda principalment a dos factors: per una banda, a l'alt contingut en sals del mar i, per l'altra, a les baixes concentracions de COD. Aquests dos factors són també els que dificulten la caracterització de la MOD, és a dir, la identificació de les diverses substàncies que la componen.

La matèria orgànica dissolta està formada per milers de compostos diferents, tots ells en concentracions molt baixes. S'està avançant molt en el seu estudi mitjançant l'ús de metodologies d'espectrometria de masses (Dittmar, 2015), però encara molt lluny d'arribar a la identificació completa de tots els seus components. A més a més, aquestes metodologies requereixen una gran inversió de temps al laboratori i de processament de les dades, així com una infraestructura costosa i la dedicació de personal tècnic especialitzat. Per tot això, encara avui s'utilitzen mètodes basats en les propietats òptiques (absorbància i fluorescència) de la matèria orgànica, com són l'espectrofotometria o l'espectrofluorometria. Aquests mètodes són ràpids i de baix cost, i permeten obtenir una resolució espacial i temporal superior a la que s'aconsegueix amb tècniques més complicades. Si bé aquestes tècniques no són adequades per determinar compostos específics, sí que ho són per donar informació sobre el pes molecular o el grau d'aromatització i labilitat. En particular, la fracció húmica de la matèria orgànica es pot determinar per fluorimetria; i la quantitat de les substàncies húmiques sovint s'utilitza com a indicador de matèria recalitrant, és a dir, de substàncies difícils de biodegradar. La identificació de les fraccions làbil i recalitrant de la matèria

orgànica dissolta, així com la variabilitat i els factors que les determinen, tenen molt interès des dels punts de vista biogeoquímic i climàtic, ja que, com hem vist abans, petits canvis en l'oxidació de la MOD podrien influir en l'intercanvi de carboni entre l'oceà i l'atmosfera.

En la campanya de circumnavegació «Malaspina» del 2010 vàrem poder constatar, utilitzant mètodes de fluorimetria, que les aigües més velles i més pobres en COD eren precisament les més riques en substàncies húmiques fluorescents (SHF). En aquest mateix estudi (Catalá *et al.*, 2015), també s'observà la relació entre la variabilitat de les SHF i el consum aparent d'oxigen. Això va demostrar a escala global la producció d'aquestes substàncies *in situ* i un grau de labilitat baix, i corroborà resultats d'altres estudis previs a la zona de l'Atlàntic (Fuente *et al.*, 2014).

Cal dir que hi ha diverses subcategories dins de la fracció recalcitrant —la semilàbil, la semirefractària, la refractària i la ultrarefractària—, definides per Hansell el 2013 i que corresponen a temps de degradació que van des de dies, per a la semilàbil, fins a milers d'anys, per a la ultrarefractària. El conjunt de processos microbians que produeixen la major part de la MOD recalcitrant de caràcter ultrarefractari va ser descrit per Jiao com la *bomba de carboni microbiana* (Jiao *et al.*, 2010). Fins aleshores, les bombes de carboni es referien només a la fracció particulada de la matèria orgànica.

La fotosíntesi constitueix el mecanisme biològic principal per generar matèria orgànica. Perquè es produeixi, cal que els organismes tinguin energia lumínica i sals nutritives. En aigües oceàniques, la radiació solar que els organismes poden utilitzar per a la fotosíntesi (radiació fotosintèticament activa, de 400 a 700 nanòmetres) penetra a fondàries que van dels pocs metres als dos-cents a les àrees oligotròfiques (on les aigües són pobres en nutrients i molt transparents). En canvi, les concentracions de nutrients a la zona il·luminada són, en general, molt baixes i augmenten amb la profunditat. Aquesta distribució oposada de llum i nutrients és el que limita la producció biològica als oceans.

La producció dels organismes fotosintètics (o producció primària) és, com sabem, la base de la producció secundària i la que sustenta les xarxes tròfiques tant de la zona fòtica com de la zona afòtica. Ja he remarcat anteriorment que el percentatge de matèria orgànica que s'escapa de la degradació i arriba al fons és molt baix. Cal mencionar que només el carboni que arriba a fondàries més enllà dels 200 metres podrà romandre aïllat de la superfície per un període de més d'un segle, i, per tant, formar part de l'anomenat *segrest de carboni* (Gnanadesikan i Marinov, 2008).

En les últimes dècades, s'han dut a terme experiments per augmentar la producció primària dels oceans amb l'objectiu d'incrementar l'exportació de carboni cap al fons marí i fer remetre la concentració de CO₂ atmosfèric. Aquests experiments

consisteixen a afegir artificialment els nutrients inorgànics i/o elements essencials per a la vida en la zona fòtica d'àrees marines on la producció primària està limitada per la manca d'aquests elements, com detallaré més endavant. Les fonts naturals d'entrada d'elements inorgànics nutritius als oceans són la deposició atmosfèrica, l'aportació d'aigües continentals i l'ascensió d'aigua fonda rica en nutrients, ja sigui per fenòmens de barreja vertical o d'afflorament d'aigües profundes.

Qualsevol d'aquests mecanismes de transport de nutrients requereix energia externa, i, per tant, el control és majoritàriament abiòtic. En un futur d'escalfament global, alguns estudis pronostiquen una estratificació més gran de les aigües oceàniques. Encara que hi ha certa controvèrsia sobre aquest pronòstic —sobretot, per discrepàncies en el càlcul dels índexs d'estratificació—, no deixa de ser un escenari possible que agreujaria l'entrada de nutrients a la zona fòtica.

Des dels anys noranta, s'han dut a terme estudis de fertilització artificial en zones limitades per un sol element, com el cas del ferro en algunes zones de l'Atlàntic o del fòsfor al Mediterrani. Els resultats d'aquestes addicions no sempre s'han traduït en un augment de la producció primària (Thingstad *et al.*, 2005) i, en general, la captació resultant de més CO₂ atmosfèric ha estat més aviat petita. I no només per la baixa quantitat de la fracció particulada del carboni orgànic que se segresta al fons de l'oceà mitjançant els mecanismes de la bomba del carboni orgànic, sinó també per l'acumulació de matèria orgànica dissolta en les aigües fondes per mitjà dels mecanismes de la bomba microbiana. Estudis recents indiquen que podria augmentar la degradació de la matèria orgànica dissolta de caràcter apa-

rentment recalitrant si les concentracions de MOD recalitrant s'incrementen (Arrieta *et al.*, 2015). Per tot plegat, l'addició artificial de nutrients és poc recomanable, ja que la captació del CO_2 és minsa i els seus efectes secundaris —que tal vegada es mostren de manera no immediata i lluny de la zona d'experimentació— poden provocar una disminució de l'oxigen i una baixada del pH a causa de la respiració microbiana, com es descriu molt bé en el treball de Rosell i Martínez (2012).

Darrerament s'està plantejant per part d'alguns col·lectius polítics i científics l'alcalinització artificial de l'oceà (AAO). Entre les opcions proposades, destaca la d'afegir a l'oceà olivina en pols i calç altament reactiva o hidròxid de calci, ja sigui en superfície o en aigües fondes. Una alternativa diferent seria «fabricar alcalinitat» a la zona costanera fent reaccionar el CO_2 de les depuradores amb els minerals i bombar el material alcalí dissolt resultant al mar (Burns i Corbett, 2020). Totes aquestes accions, però, no estan exemptes d'efectes secundaris que poden agreujar encara més el problema i, per tant, abans de posar-les en pràctica d'una manera generalitzada, caldria fer estudis exhaustius que consideressin totes les repercussions.

Aquests intents de forçar la natura a la nostra conveniència em fan venir al cap aquella frase que tantes vegades repetia el doctor Margalef: «La millor manera de vetllar per la natura és no ficar-hi la mà». Crec que ell no aconsellaria mitigar el canvi climàtic amb addicions artificials de cap tipus, sinó que, ben al contrari, aniria a l'arrel del problema i plantejaria una disminució dràstica de l'ús d'energia amb la consegüent reducció de l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle.

El 1997, Margalef ens recordava a *Our biosphere* que «en la interacció dels continents amb els oceans, aquests darrers es comporten com heteròtrofs». És una manera de dir que l'oceà rep part del rebuig dels ecosistemes terrestres i, per tant, s'hi troba més matèria orgànica susceptible de ser remineralitzada que la que es produeix *in situ*. És a dir, la respiració fàcilment pot superar la producció de matèria orgànica. Les aportacions continentals també porten nutrients essencials per a la producció. Aquesta contribució pot ser molt beneficiosa en sistemes oligotròfics, però, en canvi, pot generar problemes de desoxigenació i acidificació de l'ambient en aquells sistemes rics en sals nutritives. Afortunadament, en els darrers anys, la implementació de depuradores ha reduït d'una manera significativa les situacions d'eutròfia que es donaven en moltes zones costaneres. Malgrat això, encara cal seguir vetllant pel litoral, ja que la contaminació difusa per aigües d'escorrentia continua essent un problema (Malone i Newton, 2020).

Des de fa ja algunes dècades i fins avui dia, l'ésser humà ha anat introduint en l'ecosistema marí materials sintetitzats artificialment, rics en carboni, que també poden contenir elements nocius per a la salut. Entre aquests, els plàstics són els que més preocupen la societat. Segons dades de l'Association of Plastics Manufacturers in Europe (PlasticsEurope, 2018) només durant l'any 2017 es van fabricar 348 milions de tones de plàstic al món. Una gran proporció d'aquests plàstics acaba al mar. Així, segons Cózar *et al.* (2014) i Eriksen *et al.*

(2014) hi hauria entre 70 000 i 270 000 tones de plàstics flotant a l'oceà. Aquests valors només representen l'1% de la quantitat que Jambeck *et al.* (2015) van estimar que s'hi havia introduït durant l'any 2010. Les diferències entre el que s'esperaria trobar a l'oceà i el que s'hi troba han donat peu a pensar en les possibles pèrdues de plàstic. Aquestes pèrdues poden ser degudes a diversos processos, com la depredació per organismes i la consegüent entrada en les xarxes tròfiques, o la sedimentació després de guanyar densitat ja sigui mitjançant la colonització per microorganismes, ja sigui per l'agregació amb altres partícules (Oberbeckmann i Labrenz, 2020). Malgrat que s'han trobat organismes que degraden els plàstics, aquests no són gaire freqüents. En qualsevol cas, l'entrada dels plàstics a la cadena tròfica és preocupant i la degradació dels plàstics per microorganismes, tant si són biodegradables com si no, faria augmentar la concentració de CO₂ del medi, una conseqüència que és poc desitjable. Per tot plegat i pensant a pertorbar el mínim possible l'ecosistema, el més aconsellable seria reduir o eliminar els plàstics d'un sol ús.

No voldria acabar aquest apartat sense recordar que hi ha tot un ventall de compostos d'origen antropogènic dels quals es parla poc, no perquè siguin menys problemàtics per a la salut de l'ecosistema i de les persones, sinó perquè estan en dissolució i no els veiem: són els pesticides, els fàrmacs, els tensioactius i molts altres (Vila-Costa *et al.*, 2020). Tots ells requeririen més atenció per part de la societat, i, en particular, per part de la comunitat científica.

Des de fa molt temps, múltiples veus des de diferents col·lectius científics, socials i fins i tot polítics repeteixen amb insistència: «Cuidem la terra, cuidem el mar, cuidem la biodiversitat, cuidem...». Personalment, crec que, en honor a la veritat, un missatge més adient seria: «La terra ens cuida, el mar ens cuida... Estimem-los!».

El primer missatge situa l'ésser humà com a salvador i no com a part de la natura. El segon vol indicar que la vida no necessita salvadors, fa camí tota sola. M'agradaria recordar una altra frase que el doctor Margalef repetia: «No hem de generar por sobre les possibles conseqüències del canvi climàtic, bastaria transmetre als infants l'amor per la natura». Estimar-la, que, en aquest context, vol dir observar-la, estudiar-la, voler-ne descobrir els secrets i capricis... En definitiva, entendre-la.

He volgut fer aquesta reflexió per mostrar la meua admiració i el meu agraïment profund a totes les persones que, com a part de la seva professió o del seu temps de lleure, han dedicat esforços a l'estudi de la natura —afortunadament per al nostre país, en són moltes— i especialment a aquelles que han registrat observacions continuades (sèries temporals) de qualsevol sistema natural. Parlant de Catalunya i del mar, vull mencionar especialment Josep Pascual, que des de l'any 1973 ha posat al servei de tothom les dades meteorològiques i mediambientals que ha enregistrat a l'estació costanera de l'Estartit (Costa Brava, Mediterrani nord-oriental). Aquestes dades tenen un valor incalculable, i constitueixen la sèrie més

llarga d'observacions dels sistemes marins a tot el Mediterrani. Han estat utilitzades per molts científics per contextualitzar els seus estudis, per provar hipòtesis o per documentar el canvi climàtic. Com a exemple, vull esmentar un dels últims treballs, el de Salat *et al.* (2019), en què, a partir de les dades recollides per Josep Pascual, es demostra l'augment de temperatura a l'aigua del mar —no solament en superfície, sinó també fins a vuitanta metres de fondària—, i l'allargament del període de temps en què la temperatura de l'aire és més alta que la superficial del mar. Aquesta informació és molt útil per entendre els intercanvis de calor i de gasos entre l'atmosfera i el mar, i permet fer projeccions d'aquest intercanvi en possibles escenaris futurs.

22

Actualment, malgrat la importància de les sèries temporals, se'n mantenen molt poques d'actives i, generalment, amb cap subvenció o si de cas molt minsa. La raó fonamental d'aquesta despreocupació és que el rendiment tant científic com polític d'aquestes accions supera de llarg el termini que usualment té un projecte de recerca (de tres a cinc anys) o un mandat polític (quatre anys). Escauria demanar a les institucions científiques, polítiques i financeres que, independentment del rèdit a curt o a llarg termini, els seus programes tinguessin en compte els reptes reals i decisius per al futur de la societat.

I, ja per anar cloent, desitjaria advocar per una visió més holística de la ciència, necessària en tots els camps, però, especialment, en les ciències de la natura, sobretot en el context del canvi global en què ens trobem. Ja he mencionat abans que la natura se'n surt tota sola, però nosaltres sí que necessitem conèixer-la en profunditat, a partir de dades acu-

rades i una visió multidisciplinària, per poder entendre els secrets del funcionament del nostre planeta i trobar la millor manera de preveure el futur i d'anticipar-nos als canvis.

En les últimes dècades, els científics s'han anat especialitzant cada vegada més. Aquest fet hauria d'anar acompanyat d'un espai i un llenguatge comú per intercanviar els avenços en les diferents disciplines i aconseguir visions holístiques tant en la concepció dels projectes de recerca com en la interpretació dels resultats de la investigació.

En aquesta presentació he parlat de l'oceà com a productor i reciclador de biomassa, i he mostrat quantitats de carboni que ens donen una idea de l'ordre de magnitud de les diferents fraccions. Aquestes estimacions estan associades a moltes suposicions i, també, a errors. Una visió més acurada requeriria una major interacció entre científics de disciplines diverses i, si considerem els efectes que els canvis en els ecosistemes provoquen sobre la salut i l'economia, ens adonarem que cal impulsar mecanismes sinèrgics i espais de reflexió comuns per a tots els actors socials, polítics i científics.

Encara avui, estem vivint en la pròpia pell els efectes de la COVID-19. Enmig de tanta urgència, aquest cas ens hauria de servir de paradigma: la pandèmia ens força a treballar junts metges, biòlegs, enginyers, pedagogs, psicòlegs, etc. És veritat que s'ha aconseguit coordinar —en major o menor grau— els esforços, però segurament s'hauria pogut fer d'una manera més eficient si es vingués d'una tradició molt més col·laborativa.

Evidentment, els grans reptes actuals relacionats amb el canvi global requereixen una contribució de tots els actors

de la societat, una visió holística i un esperit generós per superar-los amb èxit. En aquest sentit, crec que l'Institut d'Estudis Catalans és un espai ideal per fomentar sinergies entre disciplines diferents i promoure les discussions sobre temes específics des d'angles ben diversos.

7. BIBLIOGRAFIA

- ARRIETA, J. M.; MAYOL, E.; HANSMAN, R. L.; HERNDL, G. J.; DITTMAR, T.; DUARTE, C. M. (2015). «Dilution limits dissolved organic carbon utilization in the deep ocean». *Science*, vol. 348, núm. 6232, p. 331-333.
- BAR-ON, Y. M.; PHILLIPS, R.; MILO, R. (2018). «The biomass distribution on Earth». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 115, núm. 25, p. 6506-6511.
- BURNS, W.; CORBETT, C. R. (2020). «Antacids for the sea? Artificial ocean alkalization and climate change». *One Earth*, vol. 3, núm. 2, p. 154-156.
- CARLSON, C. A.; HANSELL, D. A. (2015). «DOM sources, sinks, reactivity, and budgets». A: HANSELL, D. A.; CARLSON, C. A. (ed.). *Biogeochemistry of marine dissolved organic matter*. Cambridge, MA: Elsevier Press, p. 65-126.
- CATALÁ, T. S.; RECHE, I.; FUENTES-LEMA, A.; ROMERA-CASTILLO, C.; NIETO-CID, M.; ORTEGA-RETUERTA, E.; CALVO, E.; ÁLVAREZ, M.; MARRASÉ, C.; STEDMON, C. A.; ÁLVAREZ-SALGADO, X. A. (2015). «Turnover time of fluorescent dissolved organic matter in the dark global ocean». *Nature Communications*, vol. 6, núm. 5986.
- CÓZAR, A.; ECHEVARRÍA, F.; GONZÁLEZ-GORDILLO, J. I.; IRIGOIEN, X.; ÚBEDA, B.; HERNÁNDEZ-LEÓN, S.; PALMA, A. T.; NAVARRO, S.; GARCÍA-DE-LOMAS, J.; RUIZ, A.; FERNÁNDEZ-DE-PUELLES, M. L.; DUARTE, C. M. (2014). «Plastic debris in the open ocean». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 111, núm. 28, p. 10239-10244.
- DITTMAR, T. (2015). «Reasons behind the long-term stability of dissolved organic matter». A: HANSELL, D. A.; CARLSON, C. A. (ed.). *Biogeochemistry of marine dissolved organic matter*. Cambridge, MA: Elsevier Press, p. 369-388.
- ERIKSEN, M.; LEBRETON, L. C. M.; CARSON, H. S.; MARTIN, T.; MOORE, C. J.; BORERRO, J. C.; RYAN, P. G.; REISSER, J. (2014). «Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea». *PLoS ONE*, vol. 9, p. e111913.

- FUENTE, P. de la; MARRASÉ, C.; CANEPA, A.; ÁLVAREZ-SALGADO, X. A. (2014). «Does a general relationship exist between fluorescent dissolved organic matter and microbial respiration? The case of the dark equatorial Atlantic Ocean». *Deep Sea Research. Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 89, p. 44-55.
- GNANADESIKAN, A.; MARINOV, I. (2008). «Export is not enough: nutrient cycling and carbon sequestration». *Marine Ecology: Progress Series*, vol. 364, p. 289-294.
- HANSELL, D. A.; CARLSON, C. A.; REPETA, D. J.; SCHLITZER, R. (2009). «Dissolved organic matter in the ocean: a controversy stimulates new insights». *Oceanography*, vol. 22, núm. 4, p. 52-61.
- JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAVENDER, K. (2015). «Plastic waste inputs from land into the ocean». *Science*, vol. 347, núm. 6223, p. 768-771.
- JIAO, N.; HERNDL, G. J.; HANSELL, D. A.; BENNER, R.; KATTNER, G.; WILHELM, S. W.; KIRCHMAN, D. L.; WEINBAUER, M. G.; LUO, T.; CHEN, F.; AZAM, F. (2010). «Microbial production of recalcitrant dissolved organic matter: long-term carbon storage in the global ocean». *Nature Reviews Microbiology*, vol. 8, p. 593-599.
- MALONE, T. C.; NEWTON, A. (2020). «The globalization of cultural eutrophication in the coastal ocean: causes and consequences». *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, p. 670.
- MARGALEF, R. (1997). *Our biosphere*. Ed. a cura d'O. Kinne. Oldendorf; Luhe (Alemanya): Ecology Institute. 176 p. (Excellence in Ecology; 10)
- OBERBECKMANN, S.; LABRENZ, M. (2020). «Marine microbial assemblages on microplastics: diversity, adaptation, and role in degradation». *Annual Review of Marine Science*, vol. 12, p. 209-232.
- PLASTICSEUROPE (2018). *Plastics – the facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data* [en línia]. <<https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/619-plastics-facts-2018>>.
- ROSELL, A.; MARTÍNEZ, A. (2012). «Fertilizació dels oceans i clima». *Revista de la Societat Catalana de Química*, núm. 11, p. 30-36.

- SALAT, J.; PASCUAL, J.; FLEXAS, M.; CHIN, T. M.; VAZQUEZ-CUERVO, J. (2019). «Forty-five years of oceanographic and meteorological observations at a coastal station in the NW Mediterranean: a ground truth for satellite observations». *Ocean Dynamics*, vol. 69, p. 1067-1084.
- TALLEY, L. D. (2013). «Closure of the global overturning circulation through the Indian, Pacific, and Southern Oceans: schematics and transports». *Oceanography*, vol. 26, p. 80-97.
- THINGSTAD, T. F.; KROM, M. D.; MANTOURA, R. F. C.; FLATEN, G. A. F.; GROOM, S.; HERUT, B.; KRESS, N.; LAW, C. S.; PASTERNAK, A.; PITTA, P.; PSARRA, S.; RASSOULZADEGAN, F.; TANAKA, T.; TSELEPIDES, A.; WASSMANN, P.; WOODWARD, E. M. S.; WEXELS RISER, C.; ZODIATES, G.; ZOHARY, T. (2005). «Nature of phosphorus limitation in the ultraoligotrophic Eastern Mediterranean». *Science*, vol. 309, núm. 5737, p. 1068-1071.
- VILA-COSTA, M.; CERRO-GÁLVEZ, E.; MARTÍNEZ-VARELA, A.; CASAS, G.; DACHS, J. (2020). «Anthropogenic dissolved organic carbon and marine microbiomes». *The ISME Journal*, vol. 14, p. 2646-2648.
- VOLK, T.; HOFFERT, M. I. (1985). «Ocean carbon pumps: analysis of relative strengths and efficiencies in ocean-driven atmospheric CO₂ changes». A: SUNDQUIST, E. T.; BROECKER, W. S. (ed.). *The carbon cycle and atmospheric CO₂: natural variations Archean to present*. Washington, DC: American Geophysical Union Press. (Geophysical Monograph; 32), p. 99-110.

**DISCURSOS LLEGITS EN LES FESTES ANUALS
I EN LES SESSIONS INAUGURALS
DE L'INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS**

RUBIÓ I LLUCH, Antoni

L'Institut d'Estudis Catalans

Discurs llegit en la I Festa Anual de l'Institut [1914]

ORS I ROVIRA, Eugeni d'

Discurs llegit en la II Festa Anual de l'Institut [1916]

ORS I ROVIRA, Eugeni d'

Elogi dels acadèmics nous. Oració de l'Institut

Discurs llegit en la III Festa Anual de l'Institut [1917]

BOFILL I PICHOT, Josep M.

Contribució a la crònica de la història natural a Catalunya

Discurs llegit en la IV Festa Anual de l'Institut [1918]

NICOLAU D'OLWER, Lluís

L'esperit català de la crònica d'en Ramon Muntaner

Discurs llegit en la IV Festa Anual de l'Institut [1918?]

ORS I ROVIRA, Eugeni d'

Discurs llegit en la IV Festa Anual de l'Institut [1918?]

RUYRA I OMS, Joaquim

L'educació de la inventiva

Discurs llegit en la V Festa Anual de l'Institut [1921]

BOFILL I MATES, Jaume

El nostre verb social

Discurs llegit en la VI Festa Anual de l'Institut [1922]

MARTORELL I TRABAL, Francesc

Alguns aspectes de la vida íntima d'Alfons el Magnànim

Discurs llegit en la VII Festa Anual de l'Institut [1923]

SERRA I HÚNTER, Jaume

Naturalesa i voluntat

Discurs llegit en la VIII Festa Anual de l'Institut [1931]

RIBA I BRACONS, Carles

Els poetes i la llengua comuna

Discurs llegit en la IX Festa Anual de l'Institut [1932]

FONTSERÈ I RIBA, Eduard

D'on venim i on anem en l'estudi de l'atmosfera

Discurs llegit en la X Festa Anual de l'Institut [1933]

LÓPEZ I PICÓ, Josep M.

Filòlegs i poetes

Discurs llegit en l'XI Festa Anual de l'Institut [1934]

CARNER I PUIG-ORIOL, Josep

Universalitat i cultura

Discurs llegit en la XII Festa Anual de l'Institut [1935]

VALLS I TABERNER, Ferran

Jaume Marquilles considerat com a historiador

Discurs llegit en la XIII Festa Anual de l'Institut [1936]

CERVERA I ASTOR, Leandre

Letamendisme i unitat psico-somàtica

Discurs llegit en la XXII Festa Anual de l'Institut [1952]

FONT I QUER, Pius

Història de dos botànics catalans

Discurs llegit en la XXIII Festa Anual de l'Institut [1953]

RAS I OLIVA, Enric

Catalunya i la tecnologia com a fet cultural: adequació de l'ensenyament tecnològic universitari

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1982-1983

CARBONELL I DE BALLESTER, Jordi

El català com a llengua de cultura moderna

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1983-1984

LAPORTE I SALAS, Josep

Població i salut a Catalunya

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1985-1986

BADIA I MARGARIT, Antoni M.

Coherència i arbitrarietat de la substitució lingüística dins la 'Crònica' de Jaume I

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1987-1988

CASÒLIBA I BÖHM, Carles A.

Catalunya en la perspectiva de la integració a la CEE el 1992

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1988-1989

PUIG SALELLAS, Josep M.

La situació jurídica de la llengua catalana, avui

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1989-1990

CASASSAS I SIMÓ, Lluís

La ciutat metropolitana i la unitat de Catalunya

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1990-1991

DURAN I GRAU, Eulàlia

Sobre la mitificació dels orígens històrics nacionals catalans

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1991-1992

ALEGRET I SANROMÀ, Salvador

Sobre senyals, sensors i altres aspectes de l'anàlisi química

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1992-1993

MARTÍ I CASTELL, Joan

El Primer Congrés Internacional de la Llengua Catalana.

Significació sociolingüística

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1993-1994

BELLÉS I ROS, Xavier

Sobre paradisos perduts i espècies extingides. La crisi de la biodiversitat

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1994-1995

PAGÈS FITA, Jaume

La formació universitària dels tècnics a Catalunya

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1995-1996

MORAN I OCERINJAUREGUI, Josep

Consideracions sobre l'onomàstica

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1996-1997

ESTRUCH I GIBERT, Joan

La sociologia com a perspectiva

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1997-1998

MAYER I OLIVÉ, Marc

L'art de la falsificació. 'Falsae inscriptiones' a l'epigrafia romana de Catalunya

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1998-1999

GARCIA I SEVILLA, Lluís

Conformitat social i identitat lingüística

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 1999-2000

BARCELÓ I CULLERÉS, Damià

Contaminació orgànica i efectes estrogènics en les aigües residuals

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2000-2001

CABRÉ I FABRÉ, Jaume

Llegia però no movia els llavis (notes sobre la lectura literària)

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2001-2002

GUINOT I RODRÍGUEZ, Enric

Sobre prenom i cognoms. L'antroponímia medieval, eina d'anàlisi històrica

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2002-2003

PERETÓ I MACRANER, Juli

Què és la vida i com podem fabricar-la

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2003-2004

MIRA, Joan F.

Nosaltres i els italians

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2004-2005

ROCA I FABREGAT, Pere

Antoni Gaudí i el disseny estructural. La síntesi de la geometria i de la resistència

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2005-2006

MASSAGUÉ I SOLÉ, Joan

Oncologia a principis del segle XXI = Oncology at the turn of the 21st century

Conferència inaugural del Centenari de l'Institut d'Estudis Catalans [2006]

CUENCA ORDINYANA, Maria Josep

La pragmàtica en la gramàtica

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2007-2008

PANAREDA CLOPÉS, Josep M.

L'evolució del paisatge mediterrani de ribera

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2008-2009

MAS I VIVES, Joan

Evocació de Josep Lluís Pons i Gallarza i Joan Alcover

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2009-2010

JOFRE I TORROELLA, Joan

Malalties infeccioses transmiseses per l'aigua: passat, present i futur

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2010-2011

CASALS I GELPÍ, Aícia

Neurorobòtica, el rept de la robòtica assistencial

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2011-2012

NADAL I FARRERAS, Josep M.

«I si escric 'llengua', veus? / el dolor em trenca l'ànima.» Per què vivim les llengües amb tanta passió?

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2012-2013

CASASSAS I YMBERT, Jordi

1914. Centenari de la Mancomunitat de Catalunya i la significació del bicentenari de 1714 en la seva perspectiva històrica

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2013-2014

EGEA I FERNÁNDEZ, Joan

L'ordenació conjunta de la successió hereditària en el Codi civil de Catalunya

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2014-2015

CASANOVA I ROCA, Jordi

Animals, tanmateix

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2015-2016

ROCA ROSELL, Antoni

Un curs matemàtic a la Menorca de la Il·lustració, en la commemoració de Pasqual Calbó i Caldés (1752-1817)

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2016-2017

QUETGLAS, Pere J.

La literatura furtiva

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2017-2018

CABRÉ I PLA, Anna

El sistema català de reproducció: demografia i identitat

Discurs pronunciat en la sessió inaugural del curs 2018-2019

VALLÈS, Eduard

Picasso i la cultura catalana: notes artístiques, humanes i literàries

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2019-2020

MARRASÉ PEÑA, Cèlia

L'oceà tempera, produeix i recicla

Discurs llegit en la sessió inaugural del curs 2020-2021

