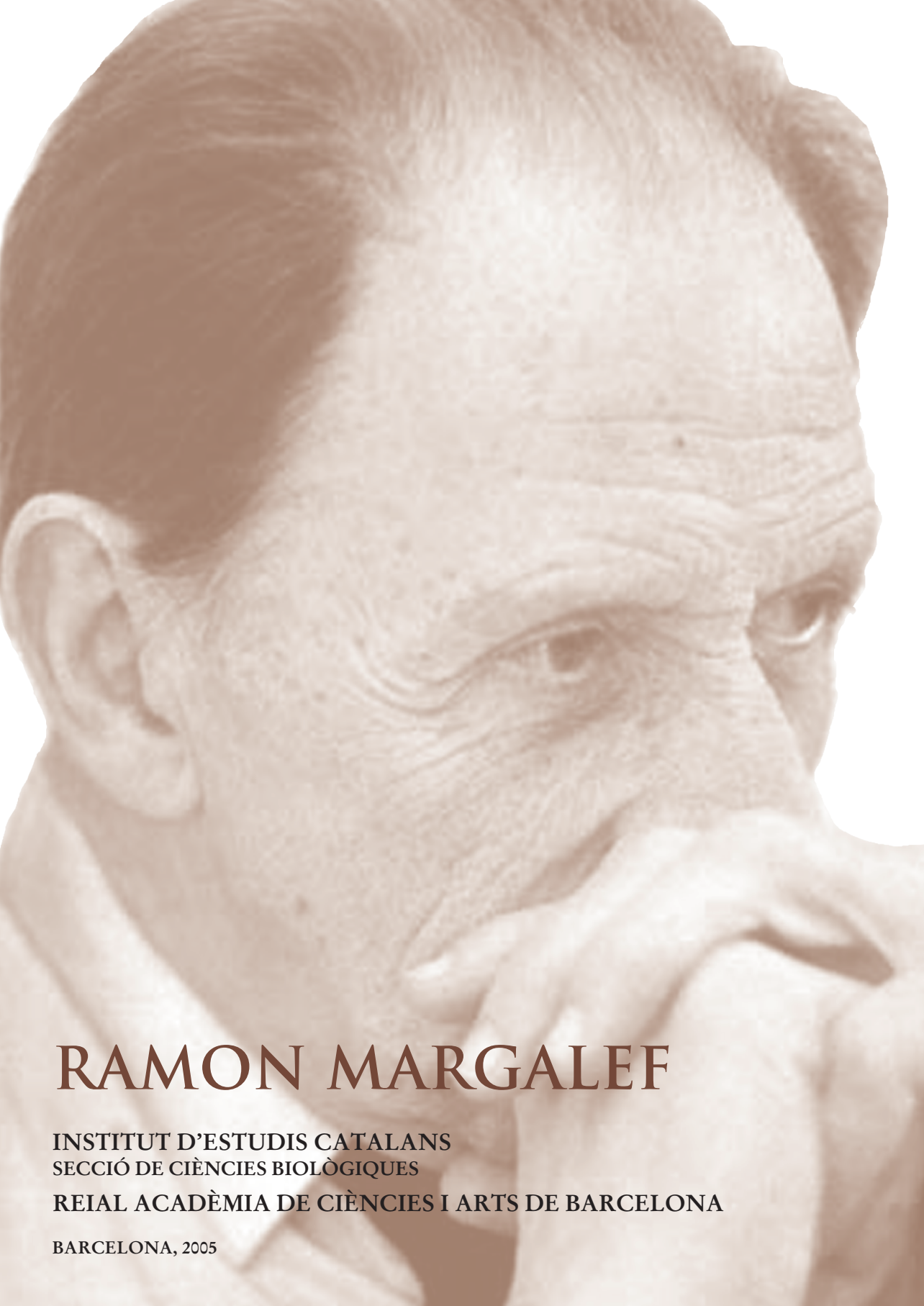




RAMON MARGALEF

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS
SECCIÓ DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES

REIAL ACADÈMIA DE CIÈNCIES I ARTS DE BARCELONA

BARCELONA, 2005

RAMON MARGALEF

SESSIÓ EN MEMÒRIA

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS
REIAL ACADÈMIA DE CIÈNCIES I ARTS DE BARCELONA

RAMON MARGALEF

SESSIÓ EN MEMÒRIA

Sala Prat de la Riba
5 d'octubre de 2004

BARCELONA
2005

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP

Ramon Margalef : sessió en memòria : Sala Prat de la Riba, 5 d'octubre de 2004
Bibliografia
ISBN 84-7283-807-2
I. Margalef i López, Ramon, 1919-2004 II. Durfort i Coll, Mercè, ed.
III. Institut d'Estudis Catalans IV. Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona
1. Margalef i López, Ramon, 1919-2004 2. Ecòlegs — Catalunya — Biografia
929Margalef i López, Ramon

L'edició d'aquesta obra
ha estat a cura de Mercè Durfort i Coll,
membre de l'Institut d'Estudis Catalans

© dels autors dels textos

© 2005, Institut d'Estudis Catalans i Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona,
per a aquesta edició

Primera edició: octubre de 2005

Tiratge: 3.500 exemplars

Text revisat lingüísticament per l'Oficina de Correcció i Assessorament Lingüístics
de l'IEC

Compost per Víctor Igual, SL

Carrer del Peu de la Creu, 5. 08001 Barcelona

Imprès a ALTÉS arts gràfiques, SL

Carrer de Cobalt, 160. 08907 L'Hospitalet de Llobregat

ISBN: 84-7283-807-2

Dipòsit Legal: B. 46212-2005

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.

TAULA

Doctor Ramon Margalef, <i>in memoriam</i> , <i>per Carles Bas i Peired</i>	9
Ramon Margalef, o la curiositat panòptica, <i>per Joandomènec Ros i Aragonès</i>	13
El doctor Margalef i l'ecologia teòrica, <i>per Joan Armengol Bachero</i>	35
El doctor Ramon Margalef i el concepte de diversitat, <i>per Marta Estrada i Miyares</i>	45
Memorial Margalef, <i>per Josep Amat i Girbau</i>	59
Ramon Margalef i els estudis d'ecologia terrestre, <i>per Carles A. Gràcia i Alonso</i>	63
Afecte i fascinació pel professor Ramon Margalef: el reconeixement de la ICHN, el de les darreres generacions de deixebles i el de força treballs recents d'ecologia terrestre, <i>per Josep Peñuelas i Reixach</i>	75
Ramon Margalef: pensar amb les mans, <i>per Ramon Folch i Guillèn</i>	83
Intervenció del president de l'Institut d'Estudis Catalans, <i>Josep Laporte i Salas</i>	89
Paraules de cloenda del president de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, <i>Rafael Foguet i Ambrós</i>	91



L'aigua és vida, rierol d'Aiguafreda, oli pintat per Maria Mir i que durant molts anys va ser al despatx del seu espòs, el professor Ramon Margalef, a la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.

El dia 23 de maig de 2004 l'Institut d'Estudis Catalans va haver de lamentar la mort del senyor Ramon Margalef i López, membre corresponent de la Secció de Ciències Biològiques. L'Institut i la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona li reteren un acte d'homenatge el 5 d'octubre de 2004, que tingué lloc a la Sala Prat de la Riba de la Casa de Convalescència, seu de l'IEC.

L'acte fou presidit per l'Hble. Sr. Josep Laporte i Salas, president de l'Institut d'Estudis Catalans, i per l'Excm. Sr. Rafael Foguet i Ambrós, president de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona. Comptà amb el parlament de l'Il·lm. Sr. Carles Bas i Peired, antic president de la Societat Catalana de Ciències Biològiques i membre de la Secció de Ciències Biològiques i de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona; el parlament de l'Il·lm. Sr. Joandomènec Ros i Aragonès, membre de la Secció de Ciències Biològiques i de la Institució Catalana d'Història Natural, i catedràtic de la Universitat de Barcelona; el parlament del senyor Joan Armengol Bacheró, membre de la Institució Catalana d'Història Natural i catedràtic de la Universitat de Barcelona; el parlament de la Il·lma. Sra. Marta Estrada i Miyares, antiga vicepresidenta de la Societat Catalana de Biologia i membre de la Secció de Ciències Biològiques i de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona; el parlament de l'Il·lm. Sr. Josep Amat i Girbau, membre de la Secció de Ciències i Tecnologia i de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, i catedràtic de la Universitat de Barcelona; el parlament del senyor Carles A. Gràcia i Alonso, membre de la Institució Catalana d'Història Natural i professor de la Universitat de Barcelona; el parlament del senyor Josep Peñuelas i Reixach, president de la Institució Catalana d'Història Natural i director de la Unitat d'Ecofisiologia del Centre de Re-

cerca Ecològica i Aplicacions Forestals, i el parlament de l'Il·lm. Sr. Ramon Folch i Guillèn, membre de la Secció de Ciències Biològiques i de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona.

Reproduïm a continuació els textos en el mateix ordre en què foren pronunciats.

Doctor Ramon Margalef, *in memoriam*

El doctor Ramon Margalef va néixer l'any 1919 a Barcelona. Aquest fet estava relacionat amb la conveniència urgent de moltes famílies de les terres interiors de buscar millors possibilitats a la capital catalana, que ja en aquells anys despuntava vigorosament. Era originari del Priorat, rica comarca vitivinícola, però que en aquells anys patia un cert estancament. La família procedia de Capçanes i fins em plau recordar que a la comarca del Priorat hi ha un poble anomenat Margalef. Aquesta circumstància, que pot semblar accidental, potser no ho és, perquè més endavant es podrà relacionar amb el seu fort arrelament a la nostra terra catalana. Altrament l'encàrrec que se m'ha fet m'és especialment plaent per dues raons: la primera és la bona relació humana que sempre vam mantenir i la segona té relació amb un parentiu llunyà entre la família de la meva esposa i la família del doctor Margalef, parentiu que procedia de l'origen: el Priorat. Sembla que de jovenet passava algunes temporades a Capçanes i recordo que em comentaven vells familiars que ja aleshores donava senyals de la seva manera de ser; recordo aquesta frase: «qui ho havia de dir que arribaria tan lluny».

El jove Margalef treballa en una empresa d'assegurances, però no deixa de preocupar-li la natura; els tolls, els rierols i altres llocs on l'aigua mostra la seva capacitat de promoure i incentivar la vida, cridaven ràpidament i forta la seva atenció. Després esdevindrà la Guerra «incivil», de la qual ell tenia un molt desagradable record, encara que Margalef no era home per sucar pa a les tragèdies. En una ocasió, tornant de Vilanova i la Geltrú cap a Barcelona, vam tenir un gran ensurt perquè se'ns va esquarterar la quilla de la barca *Estella Maris III* i ens entrava força aigua, i tot això enmig d'un fortíssim temporal.

Margalef va fer el comentari següent: «Ni a la batalla de Terol vaig passar tanta por.» Una part de l'estada a l'exèrcit la va passar a ciutat de Mallorca, cosa que li permeté establir contacte amb el doctor Massutí Alzamora, gran especialista en el zooplàncton marí. A Barcelona estableix contacte amb el Jardí Botànic i de manera més concreta amb els doctors Pius Font i Quer, Antoni de Bolòs i Vaired i Oriol de Bolòs i Capdevila. Més endavant manté una interessant correspondència amb Carles Faust, promotor i propietari del Jardí Marimurtra de Blanes. Estic convençut que aquesta correspondència tingué la seva importància en l'acord que es va establir entre el doctor García del Cid i el dit Faust per a l'establiment, en una dependència de l'esmentat jardí, de la incipient aleshores Secció de Biologia Marina de l'Institut de Biologia Aplicada, de la qual era director el professor García del Cid. Una part d'aquesta correspondència tenia per objecte convèncer Faust de la major importància del plàncton respecte de l'estudi de les algues superiors. Aquest període correspon al fet ben conegut del muntatge d'un microscopi casolà, però que li permetia tirar endavant els seus estudis limnològics. Aquesta habilitat es posarà de manifest en altres ocasions, com ara quan amb J. M. Camps, excel·lent químic, van muntar un petit, però molt útil, cromatògraf que, en aquells anys de migradesa, ens permetia anar avançant. Una sentència que repetia sovint era la següent: «Un bon científic ha de saber llimar amb un martell i picar amb una llima.» I és que, malgrat tenir unes bones i fortes manasses, tenia una gran habilitat manual.

Ens vam conèixer durant una anada al Jardí Botànic Marimurtra de Blanes amb els Bolòs. En aquells moments havia entrat a la universitat després d'haver superat l'examen d'ingrés que l'eximia d'haver de fer els set cursos que implicava el batxillerat d'aquella època. Recordo que em comentava que el llatí no era pas el seu fort, ben al contrari del que em passava a mi, atès que era un idioma pel qual jo tenia una gran facilitat. Recordo que en alguna ocasió l'havia ajudat en la descripció en llatí, com aleshores estava prescrit d'una o altra espècie nova que ell havia descobert. En aquells anys, quan feia la llicenciatura en ciències naturals, ja tenia diverses publicacions, en general temes limnològics, publicats entre d'altres a «Collectanea Botanica», que tot seguit mereixeren l'atenció de les autoritats acadèmiques, tant de Barcelona com de Madrid. Tant era així que quan jo vaig acabar la llicenciatura en ciències naturals i el doctor Ponz em va invitar a treballar en el seu laboratori de fisiologia animal, Margalef també el freqüentava, encara que aleshores era un estudiant. Permeteu-me una anècdota, si més no curiosa: quan el doctor García del Cid va reunir un grup de llicenciats i estudiants en ciències naturals per tal de proposar la posada en marxa del que després seria l'Institut d'Investigacions Pesqueres, jo m'hi vaig apuntar i com sigui que era ben sabut que jo volia dedicar-me a la botànica, el doctor García del Cid va comentar: «Vostè també?», perquè ja sabia que Margalef, limnòleg, també hi participaria.

Certament que la seva participació fou decisiva, ja que els que seríem els primers membres del futur Institut, en general, no estàvem versats en els temes marins, a excepció feta de B. Andreu, que havia tingut una estada a Santander on s'inicià en l'estudi dels peixos. La necessària preparació es duria a terme mitjançant uns cursets durant la primavera del 1949 a la Universitat de Barcelona i durant l'estiu del mateix any en el Jardí Marimurtra de Blanes. Els professors foren Andreu i Camps a Barcelona i Margalef i Massutí a Blanes. Però aquí cal assenyalar que, a part de la docència, el que en quedà fou la primera publicació del nou centre: *Plancton del Mediterraneo*, preparat conjuntament per Margalef (fitoplàncton) i el doctor Massutí Alzamora (zooplàncton). Aquesta publicació va tenir molta importància. Margalef no es va integrar oficialment al nou centre, perquè en aquells moments estava treballant en la seva tesi doctoral. Però el que sí que és clar és que passà a investigar el plàncton marí i va deixar de banda la limnologia, que fins aleshores havia ocupat principalment la seva atenció.

En els primers temps de la posada en marxa del nou centre la seva influència fou decisiva, no sols per la seva capacitat de treball, i aquí podria aportar molts exemples, sinó per la seva capacitat i la seva manera d'ajudar, insinuar, incentivar i orientar els altres companys. El resultat era sempre estimulante. Però durant molt de temps la seva influència fou decisiva amb el doctor García del Cid, que li ho consultava pràcticament tot. Això tingué molts avantatges, encara que cal assenyalar que també tingué les seves dificultats. Alguns aspectes de la recerca es notava clarament que no li eren plaents i aleshores, donada la total confiança que li tenia el doctor García del Cid, es podien crear problemes a altres investigadors. Aquest home tan intensament preocupat per la recerca era extraordinàriament humà. Vull afegir-hi algunes informacions que ho confirmen: durant els noranta dies que vaig romandre immòbil en el llit d'un hospital per causa d'un accident, ell fou l'únic que cada setmana em feia una estona de companyia i em mantenia al corrent de les novetats bibliogràfiques i del quefer de l'Institut. Més tard, sent ja director, quan s'organitzaven grans expedicions sempre organitzava algun comiat molt emotiu. El dia del seu sant acostumava a invitar el personal a un senzill refrigeri, i així podíem rememorar altres actuacions. He tingut la sort de conèixer personalment tres científics catalans de primera magnitud: els doctors David Cardús, Ramon Margalef i Joan Oró. Tots es caracteritzaren pel seu alt nivell científic i la seva catalanitat, però sens dubte el professor Margalef era el més senzill o el menys aparentment preocupat pel que no era la recerca. Deia: «És una aventura que val la pena viure.»

* * *

Ara, fent un salt que abasta tota la seva llarga i fecunda vida d'home de ciència, demano que se'm permeti arribar al final de la seva vida. Pocs mesos enrere, assegut davant meu a la biblioteca de l'Institut de Ciències del Mar, comentava, entre tristesa i ironia, com anava perdent aquella memòria que, junt amb la seva gran capacitat de síntesi, li permetia copsar ràpidament l'essencial d'un text científic. No era aliè a la seva decrepitud. En aquest context, el seu gran amor per la seva esposa li feia comentar-me: «Hem de fer el possible per a les nostres dones, ens han permès molt del que hem fet.» Ja tocant la mort, Maria, la seva esposa, em comentà que, postrat al llit, conscient del final, com fos que ella havia d'anar a l'hospital per a la sessió de diàlisi, li va dir: «Vés, que si quan tornes ja no hi sóc ja ens trobarem més enllà.» El gran investigador no feia escarafalls a aquest pensament i convenciment.

CARLES BAS I PEIRED
Membre de la Secció de Ciències Biològiques
Expresident de la Societat Catalana de Biologia
Membre de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona

Ramon Margalef, o la curiositat panòptica

Introducció

Ramon Margalef López, membre de l'Institut d'Estudis Catalans des del juliol de 1978, traspasà el 23 de maig de 2004, acabats de complir els vuitanta-cinc anys. Ramon Margalef fou, durant molt de temps, el limnòleg, l'ecòleg marí i l'ecòleg, ras i curt, català i espanyol per excel·lència, ja que en tots aquests camps de la ciència fou pioner i figura senyera, amb una contribució immensa en àmbits de la ciència que abasten des de la limnologia i l'oceanografia biològica fins a l'ecologia teòrica. La seva producció científica, es mesuri com es mesuri, és ingent. Així, el nombre d'articles científics publicats voreja els quatre-cents, i els llibres científics la vintena; els articles d'opinió i divulgació són també molt nombrosos.

Malgrat que pocs dels seus articles aparegueren en revistes del *Science Citation Index*, durant molts anys Margalef va ser l'investigador espanyol més citat; compartia amb Santiago Ramón y Cajal i Severo Ochoa ser un dels tres científics espanyols més rellevants en les ciències de la vida, d'un total de noranta-cinc investigadors de tot el món. El llibre *Perspectives in Ecological Theory* (1968) i els articles «On certain unifying principles in ecology» (1963), «Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment» (1978) i «From hydrodynamic processes to structure (information) and from information to process» (1985) són clàssics pel que fa a les citacions, i el primer és considerat un dels deu articles clàssics en tota la biologia del segle xx.

Naturalista en la difícil postguerra espanyola

Ramon Margalef havia nascut a Barcelona el 1919 i, «després d'un temps avorridíssim d'escola», segons ell mateix deixà escrit, «temps perdut per anys d'Escola de Comerç i altres beneïtures» (Margalef, 2004), rebé lliçons particulars de francès, alemany i matemàtiques i ben aviat s'interessà per la història natural i la biologia, en especial pels ambients aquàtics. Formà part, com tants altres joves, de la lleva del biberó, i passat el traumàtic parèntesi de la guerra i d'un servei militar perllongat, i mentre treballava en una companyia d'assegurances, continuà les seves recerques naturalístiques dels ecosistemes aquàtics ibèrics a l'Institut Botànic de Barcelona. La seva formació fou autodidacta en gran mesura, i llegia tot allò que queia a les seves mans sobre biologia, física i altres camps; això li assegurà uns coneixements amplis que potser amb una formació més ortodoxa no hagués assolit. Aquest espigolar en molts camps de la ciència explica segurament la seva capacitat sintètica a l'hora d'interpretar la natura, i hauria d'esdevenir molt més tard un valuós llegat per als seus deixebles.

Les seves primeres publicacions científiques (del 1943) demostraven ja la seva vàlua, i li valgueren una beca, amb la qual, en un parell de cursos, féu tota la carrera de ciències naturals. Es doctorà el 1951, amb una tesi titulada *Temperatura y morfología en los seres vivos*, en la qual intentà respondre algunes incògnites que encara ara estan plantejades i que l'interessaren tota la vida.

És conegut que Margalef construí el seu propi microscopi a partir de peces diverses obtingudes en mercats de vell, però no ho és tant que durant anys muntà tota mena d'aparells per obtenir automàticament mostres de plàncton, o amb els quals simulava situacions naturals en el laboratori, o bé que usava per processar-ne les dades, etc. Aplicava a l'ecologia una frase que algú havia dit de la física: «El bon ecòleg ha de ser capaç de collar cargols amb un martell i de clavar claus amb un tornavís», i de la bondat dels seus aparells, veritables prototipus que després altres modificaren i milloraren, n'és prova que, durant molts anys, gaudí literalment d'un xec en blanc, pagat pel Govern dels Estats Units, per construir tota mena d'instruments i andròmines mecàniques, que eren conegudes pels seus col·legues com a «màquines de fer ploure».

El Margalef d'aquells primers anys treballava de manera incansable i no només excellia com a naturalista, sinó que era capaç de relacionar aspectes molt diversos de la biologia, la geologia, la física i la química. Era tan evident que tenia un cervell privilegiat i que els seus coneixements depassaven de molt els dels seus col·legues que molta gent en posició de fer-ho l'ajudà; ell esmentava sovint Carlos Faust (industrial i fundador del Jardí Botànic Marimurtra, de Blanes), Francisco García del Cid (catedràtic de zoologia a la Universitat de Barcelona i primer director de l'Institut d'Investigacions Pesqueres), Pius Font i

Quer (botànic eminent) i Miquel Massutí (planctòleg), que li oferiren beques i li facilitaren de manera diversa la recerca.

En un episodi crucial, que el mateix Margalef comparava a un *Bienvenido, Mister Marshall*, però a l'inrevés, la visita d'un «caçatalents» americà després de la Segona Guerra Mundial li facilità la possibilitat de viatjar sense límits pels Estats Units i altres països. Margalef no sols l'aprofità, aquesta possibilitat, per visitar centres de recerca i participar en congressos, sinó que ben aviat tingué temptadores ofertes per instal·lar-se, ell i la seva família, en un parell d'universitats americanes. Margalef s'hi hagués avingut, a deixar el que considerava «una societat encongida» pel que feia a la ciència (la de la Barcelona i la Catalunya de postguerra), però prevalgué l'opinió de la seva esposa, Maria Mir, també biòloga, amb qui s'havia casat el 1952, que com a bona mallorquina trobava que els Estats Units quedaven massa lluny de ses Illes.

Margalef accedí com a investigador el 1950 a l'Institut d'Investigacions Pesqueres (l'actual Institut de Ciències del Mar, del CSIC), del qual esdevindria director i al qual donaria un gran impuls en recerca oceanogràfica, ja que transformà un centre de recerca aplicada a les pesqueres en un veritable centre de referència, ja fa trenta anys, en oceanografia, i convertí la revista *Investigación Pesquera* en una prestigiosa difusora de la ciència marina feta a Espanya, de manera similar a com els seus treballs limnològics, apareguts sobretot a *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada*, conferiren a aquesta revista difusió internacional. Margalef deixà l'Institut d'Investigacions Pesqueres quan passà a la universitat, i fou dels pocs científics que compliren el decret d'incompatibilitats.

Ecòleg de prestigi mundial

Ramon Margalef fou el primer catedràtic d'ecologia d'Espanya (1967) i s'incorporà al claustre de la Universitat de Barcelona, on constituí el Departament d'Ecologia, des del qual formà un bon nombre d'ecòlegs, limnòlegs i oceanògrafs. Després de dues dècades llargues de fructífera tasca universitària, va jubilar-se i fou nomenat catedràtic emèrit; fins ben poc temps abans del seu traspàs seguí oferint el seu mestratge a col·legues i amics.

Com a professor i investigador, a la Universitat de Barcelona i a l'Institut d'Investigacions Pesqueres, però també en altres centres d'arreu del món on va impartir cursos i hi va fer estades de recerca, va formar centenars d'investigadors a les aules, els laboratoris, el camp i el mar. Una quarantena de tesis doctorals dirigides entre el 1971 i el 2001 no fan justícia a la seva generositat, el seu entusiasme i la seva delicadesa a l'hora d'aconsellar, suggerir i insinuar a dotzenes d'investigadors diferents maneres d'abordar vells problemes o d'estudiar àrees verges de la ciència. El Margalef científic i professor univer-

sitari va difondre uns ensenyaments i una manera de treballar que van deixar empremta en un bon nombre d'investigadors, joves i no tan joves, que al llarg de mig segle vam gaudir del seu mestratge.

D'ell és aquesta definició magnífica de la recerca científica (Margalef, 1981a):

La recerca ha de fer avançar el coneixement damunt d'un canemàs molt ampli. És exploració, joc i reflexió alhora, aplicats a cada punt de l'ordit i de la trama. La recerca en què penso ara tant pot dur a millorar la producció de botons, o a substituir-los, o al funcionament d'una depuradora d'aigua, com a sintetitzar un nou compost químic o a descobrir relacions, que encara no s'havien copsat, entre fenòmens naturals o activitats humanes, i que ens menen a una nova descripció més breu i més generalitzable que les que teníem. És una aventura no totalment imprevisible, rarament gratuïta i amb una positiva qualitat d'addicció.

Escriptor prolífic, amb un gran domini del llenguatge en mitja dotzena d'idiomes (Margalef va llegir milers de llibres de ciència, però posseïa també un notable coneixement literari, especialment dels clàssics), va exercir també la seva tasca formadora a través de llibres que han difós, als universitaris i a la societat en general, les seves idees sobre l'organització i el funcionament de la biosfera. Cal destacar dos manuals universitaris extraordinaris: *Ecología* (1974) i *Limnología* (1983); el primer, que tenia un valuós precedent (*Comunidades naturales*, 1962), fou considerat durant molts anys pels especialistes el millor llibre sobre aquesta ciència escrit en qualsevol llengua. Margalef el complementà i posà al dia en altres textos posteriors: *La biosfera, entre la termodinámica y el juego* (1980), *Teoría de los sistemas ecológicos* (1991a), *Oblik Biosfer* (1992b) i *Our Biosphere* (1997). Margalef fou, també, autor o editor de moltes monografies, entre les quals *Introducción al estudio del plancton marino* (1950), «Los crustáceos de las aguas continentales ibéricas» (1953), «Los organismos indicadores en la limnología» (1955), *Ecología marina* (1967), *Western Mediterranean* (1985a) i *Limnology Now* (1994).

Margalef fou un magnífic divulgador de la ciència que conreava, i entre els llibres dirigits al gran públic cal esmentar *Ecología* (1981b, que des de llavors ha estat un èxit de vendes), *L'ecologia* (1985b, sorgit d'una reeixida exposició de la Diputació de Barcelona) i *Planeta azul, planeta verde* (1992a). La seva contribució a enciclopèdies d'història natural fou així mateix notable; cal esmentar especialment la *Història natural dels Països Catalans* (1984-1992) i *Biosfera* (1993-1998).

Les distincions a la recerca i a la docència que rebé Ramon Margalef al llarg de la seva vida foren nombroses:

- Medalla Prince Albert, de l'Institut Océanographique de París (1972);
- Premi A. G. Huntsman d'Oceanografia Biològica, del Bedford Institute of Oceanography (el «Premi Nobel» del mar; Canadà, 1980);

- Medalla Narcís Monturiol de la Generalitat de Catalunya (1983);
- Premi Santiago Ramón y Cajal, del Ministeri d'Educació i Ciència (1984);
- Medalla Naumann-Thienemann, de la Societat Internacional de Limnologia (SIL, International Association of Theoretical and Applied Limnology, 1989);
- Premi Italgas de Ciències Ambientals (Itàlia, 1989);
- Premi de la Fundació Catalana per a la Recerca (1990);
- Premi Alexander von Humboldt (Alemanya, 1990);
- Comanador de l'Orde d'Alfonso X el Sabio (1990);
- Premi Internacional Santo Francesco d'Assisi de l'Entornament (Itàlia, 1993);
- Premi Excellence in Ecology, de l'Ecological Institute (Alemanya, 1997);
- Creu de Sant Jordi de la Generalitat de Catalunya (1997);
- Ingeniero de Montes de Honor (1998);
- Premi Ranier III de Mònaco (1998);
- Premi Lifetime Achievement de l'ASLO (American Society of Limnology and Oceanography, 2000);
- Medalla d'Or del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC, 2002);
- Medalla d'Or de la Generalitat de Catalunya (2003);
- Premi Nacional de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya (2004, pòstumament).

Margalef era membre de diferents acadèmies del país i foranes, membre honorari de diverses societats científiques de tot el món i va rebre doctorats *honoris causa* per diverses universitats (Universitat d'Ais-Marsella, França; Universitat de Laval, del Quebec, Canadà; Universitat de Luján, Argentina; Universitat d'Alacant i Institut Químic de Sarrià).

En ciència, assolir aquests guardons internacionals és reservat a molt poques persones, i que el reconeixement s'estengui al llarg de mig segle és extraordinari. Ramon Margalef començà a ser conegut internacionalment a partir de l'article «La teoría de la información en ecología» (1957), en el qual proposava l'aplicació de la teoria de la informació a l'estudi de la diversitat d'espècies d'un ecosistema. Tan interessant i trencador va ser l'article, publicat en les *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, que fou traduït a l'anglès en la revista *General Systems* (1959). Ensenms a l'article «On certain unifying principles in ecology» (1963) i, sobretot, al petit llibre *Perspectives in Ecological Theory* (1968, traduït a diverses llengües); aquests textos oferien al món una nova i atractiva manera d'entendre l'ecologia, ciència que llavors es trobava encara mancada d'un marc de referència teòric i d'un corpus de paradigmes testables equiparable al d'altres ciències de la natura.

Aquesta aproximació teòrica, caracteritzada per un enfocament holístic i integrador, es basava, però, en el coneixement profund dels ecosistemes aquàtics, que Margalef estudià primer com a naturalista, amb un enfocament de botànic, zoòleg i fitosociòleg. Posteriorment, «tip de fer llistes [d'espècies] per caracteritzar diversos tipus d'ecosistemes», va aplicar un enfocament més general a l'estudi dels ecosistemes aquàtics i va reunir força informació sobre l'estructura i el funcionament de la biosfera, que considerava «una coberta multiforme de la vida al damunt d'uns espais heterogenis, alhora matriu de l'evolució i, al seu torn, influïts i matisats per ella» (Margalef, 2004).

La Societat Internacional de Limnologia, en concedir-li la Medalla Naumann-Thienemann (1989), l'honorava «per haver compartit els seus talents creatius de descobriments, intuïció i síntesi dels fonaments ecològics dels fenòmens limnològics, i per la seva influència en el món hispanoparlant». Margalef preparà tot sol les bases de la limnologia regional de la península Ibèrica i les Illes Balears, i inicià l'estudi d'un centenar d'embassaments espanyols, que s'ha convertit en l'estudi més complet d'aquest tipus fet al món.

L'estudi del plàncton i de la producció primària al mar el va dur aviat a enfocaments quantitatius i a aplicar a les comunitats constituïdes pels pobladors microscòpics de la columna d'aigua una sèrie de conceptes nous (com el de diversitat específica) o procedents de l'ecologia terrestre (com el de la successió ecològica). Potser les seves contribucions més notables van ser el reconeixement de l'organització espacial del fitoplàncton, que fins als seus treballs hom havia considerat una simple suspensió de cèl·lules sense cap estructura, i la importància de l'energia auxiliar en aquesta estructuració.

Tenir en consideració l'espai i el rol de l'energia auxiliar o exosomàtica en l'estructuració de les comunitats d'éssers vius no és només d'aplicació al plàncton, i Margalef aviat amplià les seves idees per tal d'ajustar-les a les altres comunitats de la biosfera, com havia fet així mateix amb l'estima de la diversitat específica i de la connectivitat entre els diferents nodes de les xarxes tròfiques, i amb les regularitats que hom pot escatir en la successió ecològica, que va ser el primer a identificar com a marc evolutiu del desenvolupament de l'ecosistema. Del conjunt sortí una teoria ecològica que, com tot en ciència, subjecta a modificació, refutació i evolució, ha estat sens dubte la contribució més important de Margalef a l'ecologia en tant que ciència sòlida.

Des de l'aparició de les seves primeres publicacions de teoria ecològica fins al darrer dels seus llibres, l'aportació d'aquest naturalista i ecòleg a la comprensió del funcionament de la biosfera ha estat immensa, i reconeguda internacionalment; així, la Fundació Nacional per a la Ciència dels Estats Units declarava el 1998 que els treballs de Margalef sobre dinàmica del fitoplàncton marí dels anys seixanta i setanta s'havien anticipat en diverses dècades, i van marcar el futur camí que calia seguir en la recerca biològica. De pocs científics, traspassats o vius, s'ha pogut dir que hagin contribuït tant, alhora,

al desenvolupament pràctic i teòric d'una ciència com va fer el professor Margalef en relació amb l'ecologia.

Potser una mesura adient d'aquesta contribució es pot trobar en algunes publicacions que apleguen treballs científics de col·legues, deixebles i amics de Margalef que, en tractar dels seus camps concrets de recerca i expertesa (ben variats, d'altra banda), reconeixen la influència del mestre, directa o indirecta, en la seva investigació. Són aquests: Ros i Prat (1991), Margalef (1994), Gili *et al.* (2001), Ros *et al.* (2004), Zamora *et al.* (2005).

Si Margalef va excel·lir en els camps de la limnologia, l'ecologia marina i l'ecologia teòrica, també va fer profitoses contribucions en els de la biogeografia, la geologia, l'evolució i, molt especialment, l'ecologia humana. Precisament, la inclusió de l'home dins de la seva teoria general de la biosfera és una de les contribucions més valuoses, i potser menys conegudes, de Margalef. En aquest aspecte, el seu paper de popularitzador de la ciència ecològica és fonamental, des dels llibres de divulgació, les enciclopèdies i les exposicions esmentades, fins als articles destinats a replantejar els ensenyaments de ciències naturals, com aquell que enumerava els «fets senzills sobre la vida i l'ambient que cal no oblidar a l'hora de preparar llibres de text per als nostres néts» (Margalef, 1984).

Professor universitari nat

Margalef fou un professor universitari nat, que captivava i entusiasma-va els seus estudiants, especialment si aquests estaven més motivats (és a dir, quan l'ecologia era una assignatura optativa, com ara ho són la limnologia, la biologia marina, etc.). L'activitat docent de Margalef, que a la universitat és inseparable de la investigadora, ha passat potser més inadvertida per la importància d'aquesta última, raó per la qual serà adient dir-ne alguna cosa. Molt abans d'assolir la càtedra, Margalef havia impartit cursos universitaris sobre disciplines de la seva especialitat. Per exemple, des del 1955 dictà cursos d'ecologia animal, oceanografia i biologia marina a la Universitat de Barcelona, i en altres universitats i centres de recerca, principalment americans. Del nivell d'aquests cursos primerencs pot donar-ne idea el fet que el material didàctic reunit per impartir-los va servir per preparar diferents llibres, que en cada moment foren referents de la ciència ecològica: els ja esmentats *Perspectives in Ecological Theory*, *Comunidades naturales* i *Ecología marina*. Posteriorment, des de la càtedra de la Universitat de Barcelona, escriuria els dos manuals *Ecología* i *Limnología* i els altres textos pensats especialment per als estudiants universitaris (encara que cal dir que els de les darreres generacions solen preferir els textos més divulgatius esmentats anteriorment).

De vegades la contribució docent fou més especialitzada (mètodes per al treball oceanogràfic al mar, per al mostreig de fitoplàncton, per al cultiu d'algues al laboratori, per a l'extracció de pigments vegetals, dinàmica de poblacions marines explotades, etc.; vegeu l'apèndix 1 de Ros i Prat, 1991), i no sempre l'autoria del text era explícita. Per exemple, en el pròleg d'un llibre de pràctiques d'ecologia en el qual vaig actuar de secretari de redacció (Ros, 1979), es reconeix explícitament que

En tant que autor del programa de l'assignatura, el director del Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona [Margalef] ha estat [...] qui ha dissenyat aquestes pràctiques i altres, de manera que hom pot dir que només en la forma, ja que no en el fons, els autors del llibre ho són de les pràctiques.

Jo mateix vaig cursar l'ecologia com a assignatura optativa de la carrera de biologia en l'època «heroica» (curs 1966-1967), immediatament després (maig del 1966) del curs que Margalef impartí a la Universitat de Chicago i que fou la base de *Perspectives in Ecological Theory*, llibre del qual algú ha dit que ha tingut per a l'ecologia moderna una importància inversament proporcional a l'exigüitat de les seves cent petites pàgines comptades, equivalent al paper seminal de *What is Life?*, de Schrödinger, per a la biologia.

Fa quaranta anys, l'assignatura d'ecologia s'impartia a l'Institut d'Investigacions Pesqueres (IIP), on Margalef treballava, i que per aquella època va passar a dirigir. Els viatges a l'IIP eren excursions interessantíssimes, que ens feien oblidar per algunes hores la rigidesa de les aules i als més agosarats ens permetien treure el nas als laboratoris, en els quals feien ciència oceanogràfica Margalef i altres savis, que ens escaren per a tota la vida.

Em sembla pertinent esmentar una anècdota, que donarà idea de la situació de l'ensenyament de la biologia en la dècada dels seixanta i de com eren les classes de Ramon Margalef. Els companys de la meua promoció ens empescàrem un sistema per suplir la manca de llibres de text de la majoria d'assignatures que estudiàvem. (Ara la situació s'ha capgirat totalment, o així m'ho sembla com a professor de la Facultat de Biologia: hi ha un bé de Déu de llibres, en idiomes assequibles als estudiants... que generalment no els consulten. *O tempora! O mores!*) Alguns estudiants ens comprometérem a fer uns apunts de les diferents assignatures, que preparàvem amb molta cura, reproduïem mitjançant un sistema de còpia de plànols i intercanviàvem en fascicles.

Dels apunts d'ecologia se'n féu càrrec Josep Maria Camarasa, que els preparà el curs 1967-1968 (el darrer de la carrera), i que escrigué el que segueix en el pròleg del volum:

Ja sabeu el que us feu agafant aquests apunts per a estudiar l'ecologia? Penseu-s'ho bé abans. Sí, ja sé que a en Margalef no hi ha manera d'agafar-

li apunts —digueu-m'ho a mi—; que no hi ha cap llibre que permeti seguir degudament l'assignatura; fins i tot, que no enteneu els vostres propis apunts i acudiu a aquests per a completar-los o ordenar-los.

I és que Margalef era un professor atípic, o ens ho semblava: tot i seguir un programa ben explícit i detallat, passava sovint d'un tema a un altre, no sempre explicava temes que semblessin pertànyer a la matèria i, sobretot, usava la pissarra d'una manera que ens treia de polleguera, perquè no permetia prendre gaire notes..., que és el mateix que es pot dir del seu discurs docent. En un capteniment típic, que he vist repetit centenar de cops (i que altres exalumnes també recorden), Margalef explicava alguna cosa interessant, es girava per escriure quelcom a la pissarra, però ho feia en lletra petita i a l'alçada del seu pit. Ningú no veia res, però esperàvem fer-ho quan s'apartés... Vana esperança! Algun cop es girava i seguia tapant el jeroglífic, però normalment el que feia era esborrar-lo abans de tornar a l'explicació general. Era exasperant per als estudiants, però al mateix temps era un esperó que ens obligava a cercar allà on fos clarícies per complementar el tema a penes besllumat.

I aquesta és l'altra faceta universitària cabdal de Margalef: ens acostumà a llegir sobre ecologia i sobre qualsevol matèria, des de física fins a assaig científic, des de geologia fins a estadística. La seva formació autodidacta, que el va fer espigolar en moltes branques de la ciència, explicava segurament la seva capacitat sintètica a l'hora d'interpretar la natura, i hauria d'esdevenir un valuós llegat per als seus deixebles: fou un dels principals impulsors, primer, i responsable acadèmic, després, del Seminari de Biologia, embrió del que després seria la Biblioteca de la Facultat de Biologia. I, sobretot, invertí molts esforços i pressupostos en l'establiment de la biblioteca del Departament d'Ecologia, que durant dècades fou la més ben assortida en textos d'àrees no exclusivament ecològiques. La raó cal cercar-la en les seves pròpies paraules (Margalef, 1981a):

Jo voldria que es llegís més, que hi hagués millors biblioteques i que els estudiants adquirissin més facilitat en el maneig d'altres llengües... Catalunya no disposa de fons bibliogràfics científics mínimament adequats, mai no s'ha fet o mai no s'ha pogut fer l'esforç necessari. Les modernes tècniques d'informàtica no substitueixen el poder inspirador d'un llibre —anava a dir de carn i ossos— damunt dels genolls [...]

Aquest interès per promoure la lectura entre els estudiants explica una altra anècdota, que es repetí més d'un cop. En arribar el temut examen final de l'assignatura, de vegades Margalef el plantejava per dur-lo a terme no en una aula de la Facultat, sinó a la biblioteca del Departament, i els estudiants tenien accés lliure als llibres que volguessin per respondre les preguntes... Era

fàcil identificar aquells que tenien pràctica en la consulta i sabien on havien d'anar a cercar les respostes.

Tampoc els exàmens «típics» es lliuraven d'alguna genialitat (no gaire ben acollida pels atemorits estudiants); per exemple, un cop els va dir que es possessin ells mateixos la pregunta que volguessin contestar (i el nombre de sospensos no va pas ser més baix que en altres ocasions). Un altre, la pregunta, espantosa i única, era: «Què és l'ecologia?»

Durant tota la seva vida activa, pràcticament fins a un mes abans de morir, Margalef rebé i atengué tota classe de consultes i demandes d'informació provinents d'estudiants, però també de professors i d'investigadors dels seus camps d'expertesa, així com d'altres disciplines, sovint ben allunyades (o així podia semblar) de la seva: economistes, físics, químics i científics d'altres àmbits. Indefectiblement, la seva resposta a la majoria d'aquestes demandes començava així: «Jo no en sé gaire, d'això, però...» (i, a continuació, venia el tresor que hom cercava: la darrera referència bibliogràfica pertinent, l'adreça d'algun investigador que treballava en el tema, el que ell pensava d'aquell assumpte suposadament marginal als seus interessos científics, i una colla de suggeriments de recerca per resoldre aquell i altres problemes relacionats amb els quals qui preguntava no havia parat esment).

Part d'aquests interessos catòlics es poden veure en la seva bibliografia; la majoria dels més de quatre-cents articles científics i llibres són sobre ecologia, limnologia i biologia marina, però no hi són rares les aportacions a la biogeografia, la micropaleontologia, la biologia evolutiva, l'ecologia humana i el medi ambient. La quarantena de tesis doctorals dirigides (Ros i Prat, 1991) mostren també aquest ventall ampli.

Margalef fou un exemple viu del fet que per ser un bon docent cal ser un bon investigador, com ell mateix assenyalà més d'un cop (Margalef, 1981a):

Un seguit de generacions de mestres que uns ensenyin als altres sense suficient contacte amb el món extern, porta a una enorme bombolla sense altre contingut que les frustracions de tots. La recerca és indispensable perquè els coneixements no es degradin en llur comerç i perquè tinguem esma d'infondre certa animació a algunes de les lliçons. Aquesta recerca no es reivindica, es fa en la mesura de les possibilitats.

Però d'ell es pot dir que no només feia recerca en el camp de la ciència que ensenyava, sinó que havia contribuït com pocs a bastir aquesta ciència i havia conegut personalment els científics que foren els principals forjadors, durant les primeres dècades de la segona meitat del segle xx, de l'ecologia, la limnologia i l'oceanografia. Aquest coneixement directe dels protagonistes de la història d'aquestes ciències (per exemple, G. Evelyn Hutchinson, Robert H. McArthur, els germans Eugene P. i Howard T. Odum, Josias Braun-Blanquet, etc.) conferia una vivesa extraordinària a les seves classes.

Vet aquí, en alguns dels seus textos, com veié Margalef el seu pas per la universitat:

[A] la universitat [...] hi he passat mitja vida [...] la veritat és que hi he posat molt d'entusiasme i d'esforç, però també és cert que una fracció considerable de la meua vida universitària va transcórrer durant èpoques relativament dificultoses o conflictives, en què es combinaren situacions polítiques poc favorables, successió de diversos rectors, uns molt bons, i algun altre menys i, en general, una Administració que no sempre em facilità la bona disposició de recursos que se m'havien concedit en bona llei. També hi hagueren períodes de conflictivitat turbulenta i fins barroera, però m'és un deure afegir que cap d'ells fou seriosament negatiu per a la docència... (Margalef, 2004)

Este texto [...] trata de reunir los materiales esenciales para construir los fundamentos de una ecología, con cierta sistematización y con la presentación de numerosos ejemplos... Tampoco está de más añadir que el carácter aleatorio que estos últimos años ha adquirido el desarrollo de la vida universitaria hace pensar que un texto puede facilitar la continuidad de los estudios. (Margalef, 1974)

Tant en la investigació pròpia com en estimular la dels meus estudiants vaig intentar fer el que vaig poder; en tinc bon record, però no he quedat del tot satisfet amb els resultats obtinguts. Mentiria si escrivís que no han valgut l'esforç esmerçat [...] (Margalef, 2004)

Margalef, *Gedankenexperimentator*

Com altres grans genis, Margalef sobresortí en el plantejament de *Gedankenexperimenten*, és a dir, supòsits teòrics de l'estil de «Què passaria si...?», que permeten aprofundir en aspectes de la ciència que són poc propis a experiments reals. Malgrat que aquests exercicis puguin semblar més propers a la ciència-ficció que a la ciència, d'alguns especialment fecunds Margalef sabé treure molt de suc i convertir-los en clàssics de l'ecologia teòrica; alguns foren la base per a estudis més formals.

Un dels problemes teòrics que Margalef plantejava sorgia de la definició clàssica de biosfera (la pel·lícula discontinua d'éssers vius que cobreix el planeta): per quina raó aquesta biosfera és discontinua, fragmentada en nombrosíssims organismes diferents, i no és, en canvi, una ameba gegantina i prima que s'estengui per terres i mars? La part superior d'aquest superorganisme hauria de ser autòtrofa, i la inferior heteròtrofa, separades per pocs mil·límetres, els necessaris per generar una diferència de potencial d'oxidoreducció per acoblar producció i respiració. No existirien així els problemes que s'es-

mentaran tot seguit en relació amb la gran distància que separa aquests processos en el mar, però les tensions fisiològiques d'una pel·lícula viva d'aquestes característiques serien enormes, a causa d'estar estesa sobre hàbitats de característiques ambientals molt diferents..., cosa que provocaria la seva fragmentació en unitats menors, cadascuna adaptada al seu entorn immediat. És a dir, els individus de diferents espècies que tenim ara. Aquesta biosfera impossible, monoespecífica i monoindividual, sense diversitat, podria ser molt eficient en la fotosíntesi; els tapets microbians i els estromatòlits, reals, serien les comunitats vives més similars a aquest organisme inversemblant.

Dels molts *Gedankenexperimenten* que Margalef explorà i que seria possible glossar aquí, n'esmentaré només dos: el depredador superprudent i la connectància entre elements de sistemes que funcionen.

El depredador superprudent

Hi ha moltes analogies en el funcionament dels ecosistemes típicament terrestres i marins: el bosc i el plàncton. S'organitzen segons blocs verticals, que tenen desenes de metres en el bosc i centenars de metres en la columna d'aigua; la producció (P) està centrada en la part superior, il·luminada, de cada bloc, i la respiració (R) en la part inferior, fosca, d'aquest bloc, amb una clara inversió pel que fa a la relació entre l'extensió de cada àmbit: P/R és de prop de 40/1 a terra i d'1/40 al mar, corresponents, respectivament, a la gruixària mitjana de 80 m d'alçada dels arbres per 2 de potència del sol, i de 100 m de capa fòtica per 4.000 de capa afòtica (la qual cosa està relacionada amb la lentitud del ciclat dels nutrients a mar); coincidència en la proporció de la superfície que ocupen les zones d'aflorament en relació amb la superfície total dels oceans, per un cantó, amb la superfície de les seccions del xilema actiu en relació amb la secció dels troncs sencers, per un altre: menys d'un 1 ‰ en cada cas; i encara trobaríem altres analogies.

Però hi ha una diferència fonamental entre la dinàmica de la producció primària en l'ecosistema forestal, paradigma del medi terrestre, i en el planctònic, paradigma de l'aquàtic: el motor del retorn dels nutrients a la zona il·luminada (capçada arbòria, capa fòtica marina), seu de la producció, des de la zona fosca (sòl forestal, capa afòtica marina), seu de la respiració, són bàsicament els organismes (les plantes, i en especial els arbres) a terra, i el medi físic (els corrents ascendants o afloraments) en el mar. Un fenomen físic, la gravetat, actua en ambdós casos en el primer tram del recorregut: caiguda de les fulles dels arbres i de les cèl·lules mortes i dels cadàvers dels planctons des del «centre de gravetat» de P fins al de R. Però l'evolució ha actuat de manera que el segon tram, l'ascens dels nutrients des del nivell en què predomina R fins a aquell en què és possible P, el promoguïn les plantes a terra (de fet, es pot dir

que l'arbre, considerat com a màquina de succionar aigua del sòl mitjançant l'evapotranspiració a través de les fulles i la conducció de la saba a través del xilema, és la resposta evolutiva a aquesta necessitat d'extreure nutrients del sòl i portar-los fins a la capçada). Això no passaria en el mar, on la distància enorme entre la superfície i el fons (4 km de mitjana en l'oceà mundial) hauria impossibilitat que l'evolució produís un organisme capaç de retornar els nutrients, necessaris per a la producció primària, a la zona fòtica. O potser sí?

Aquesta era la gran pregunta que es plantejava Margalef: Existeix potser un organisme que compleixi en el mar la funció de l'arbre a terra? A l'inconvenient de l'enorme distància esmentada anteriorment, cal afegir-hi el caràcter altruista d'un tal comportament: l'arbre es beneficia directament del transport cap amunt dels nutrients, raó per la qual s'entén que l'evolució hagi operat en aquest sentit. Però l'organisme marí teòric imaginat per Margalef només de manera molt indirecta obtindria benefici de la seva activitat: el foment de la producció primària oceànica revertiria en profit seu només després de diversos nivells tròfics (almenys dos si aquest organisme fos un carnívor).

Per analogia amb el «depredador prudent» de Slobodkin, és a dir, el carnívor que gestiona adientment la seva presa eliminant de preferència els animals malalts i vells de la població, i que assoleix així un rendiment sostenible màxim, del qual hi ha nombrosos exemples en la natura, Margalef qualificava el seu organisme oceànic altruista de «depredador superprudent». Quins candidats hi ha, a depredador superprudent, en el mar? El mateix Margalef explorà algunes possibilitats, però (com passava en la majoria de les seves incursions en l'ecologia teòrica) altres prengueren el relleu i indagaren en aquest camp. Cal dir que l'interès d'aquesta recerca no és només teòric: el depredador superprudent invertiria també la bomba biològica de carboni, amb implicacions en l'equilibri d'aquest element en l'atmosfera i l'aigua i en el canvi climàtic global. Un resum dels resultats obtinguts (fins ara) és el que segueix.

Els principals candidats a depredador superprudent són: *a)* grans animals marins (cetacis, pinnípedes, peixos, cefalòpodes, etc.); *b)* larves planctòniques d'animals bentònics o pelàgics (amb desenvolupament planctotròfic o lecitròfic); *c)* organismes planctònics (principalment copèpodes i eufausiacis) que duen a terme migracions verticals; *d)* organismes planctònics (principalment copèpodes, apendiculàries i salpes) que «empaqueten» les seves femtes i produeixen paquets fecals que s'enfonsen més ràpidament (o suren); *e)* animals que fan migracions horitzontals en el mar.

a) Grans animals marins. Els cetacis, principalment els catxalots, i les foques, que mengen en fons de 200 a 1.000 m i retornen a la superfície per respirar, semblarien els depredadors superprudents ideals. Però no ho són, perquè els cal «deixar anar llast» per pujar des d'aquestes profunditats i pràcticament alliberen un volum de femta equivalent a la ingesta de calamars, peixos i altres preses. En canvi, morses i balenes grises, que mengen amfípodes i altres in-

vertebrats bentònics que extreuen mitjançant grans mossegades al fang del fons marí, a profunditats d'entre un i dos centenars de metres, aixequen en fer-ho grans «polsegueres» de sediment amb les quals «fertilitzen» les aigües superficials.

b) *Larves planctòniques d'animals bentònics o pelàgics*. Una gran majoria d'animals marins bentònics o pelàgics (més del 80 % en alguns grups) tenen larves amb desenvolupament planctotròfic (viuen un temps, generalment llarg, en el medi pelàgic, alimentant-se de plàncton) o lecitotròfic (viuen un temps curt com a planctonts, però s'alimenten de vitel propi). És temptador plantejar que el desplaçament des de l'hàbitat dels adults, més pregon per terme mitjà, fins al de les larves, més superficial, pot significar un transvasament net de matèria orgànica cap amunt. Però ràpidament es comprèn que el transport net de matèria orgànica és cap avall. En els pocs casos en els quals s'ha pogut avaluar el balanç entre exportació de biomassa (en forma d'ous o larves) i importació d'aquesta (en forma de juvenils que es recluten a l'hàbitat dels adults), el resultat sempre és favorable a la importació: els animals envien les seves larves «a dida» a les aigües superficials, més riques en aliment. Si no fos així, l'evolució no hauria conservat un mecanisme tan complex i generalitzat.

c) *Organismes planctònics que duen a terme migracions verticals*. Per un raonament similar a l'anterior, un dels suposats beneficis (tròfic) de la migració vertical d'organismes del plàncton (principalment copèpodes i eufausiacis) no existiria si el flux net d'energia fos cap amunt. Els planctonts migradors no són, doncs (ni les diferents espècies, una per una, ni totes les que conjuntament estan implicades en l'anomenada «escala del plàncton»), depredadors superprudents, sinó explotadors temporals de recursos alimentaris, més abundants com més superficials, i col·laboradors del funcionament directe de la bomba de carboni (de dalt a baix).

d) *Transport mitjançant paquets fecals*. Molts animals planctònics (principalment copèpodes, apendiculàries i salpes) que obtenen l'aliment filtrant les cèl·lules bacterianes, fitoplanctòniques o altres partícules orgàniques de les aigües circumdants, «empaqueten» les seves femtes amb mucíl·lag, amb la qual cosa n'augmenten la densitat i així s'enfonsen més ràpidament. Altres espècies les embolcallen en ceres, amb la qual cosa els paquets fecals suren cap a la superfície; en ambdós casos s'aconsegueix que desapareguin ràpidament de l'entorn dels planctonts, que d'aquesta manera no perden eficiència filtrant de nou material ja processat. És clar que els paquets fecals que ascendeixen cap a la superfície retornen a aquesta una petita part dels nutrients que contínuament s'enfonsen per gravetat, de manera que els animals que els produeixen complirien el requisit de «depredador superprudent» esmentat; però també els que embolcallen les femtes en mucíl·lag i les envien a profunditats més grans ho serien (vegeu més endavant).

e) *Animals que fan migracions horitzontals*. Molts animals, tant planctònics (de manera passiva) com pelàgics i bentònics (activament, almenys en part), duen a terme migracions estacionals entre àrees productives, en les quals s'alimenten, i d'altres que ho són menys, en les quals viuen, es reproduïxen, etc. D'aquesta manera redistribueixen horitzontalment la producció oceànica.

Llevat dels casos anecdòtics esmentats (morses i balenes grises, planctons que embolcallen en cera la seva femta), no hi ha organismes que retornin directament a la superfície oceànica la matèria orgànica que aquesta perd contínuament i que l'empobreix en nutrients. No hi ha, doncs, depredadors superprudents, altruistes, en el mar. Però, en canvi, sí que hi ha espècies que introdueixen matèria orgànica en la primera part del circuit físic (caiguda per gravetat), de vegades «empaquetant-la» per accelerar-ne la caiguda, amb la qual cosa col·laboren al retorn més ràpid de nutrients a la zona fòtica (mitjançant la segona part d'aquest circuit: ascens per afloraments, fronts, marees, etc.).

En realitat, això passa també a terra: les plantes, de les quals més amunt s'han cantat les excel·lències com a perfectes màquines de transport de nutrients des del sòl fins a les fulles, no fan altra cosa que treure profit de mecanismes físics: evaporació, capilaritat, etc., promoguts pel Sol, com els corrents al mar. El mateix pot dir-se dels organismes marins: injecten matèria orgànica en la cinta transportadora sense fi que és l'enfonsament-circulació profunda-aflorament-circulació superficial de les aigües, la qual cosa els permet participar en el ciclat dels nutrients de manera passiva. Si això ho haguessin de fer activament, si fossin veritables «depredadors superprudents», els caldria energia externa i, en usar-la, violarien unes quantes lleis físiques bàsiques.

Regularitats en la composició de sistemes que funcionen i altres àmbits d'interès

L'estudi de la distribució de les abundàncies de les espècies d'una comunitat, la seva diversitat, fou un dels camps de l'ecologia teòrica en els quals Margalef va fer aportacions més valuoses. Aquestes no es limitaren, com se sol creure, a l'adopció de l'índex de Shannon-Wiener, manllevat de la teoria de la informació, o al disseny d'índexs propis, tots els quals aplicaria en especial a les nombrosíssimes mostres de fitoplàncton que va identificar i quantificar al llarg de la seva vida (alguns milers; vegeu, per exemple, Margalef, 1997), sinó també a la interpretació de la diversitat com una mesura de l'estructura, la maduresa i la riquesa biològica (el que ara es diu *biodiversitat*) dels sistemes biològics. Però també dels sistemes no vius.

A més de les analogies sabudes i clàssiques entre l'abundància relativa de determinats oficis i professions en un col·lectiu humà i la de les espècies en un

ecosistema, o la comparació entre el llenguatge popular, poc refinat i àdhuc groller («càlid», monòton i poc divers) i el llenguatge literari («fred», ric i àdhuc pedant), la qual cosa permetia per primer cop una interessant anàlisi quantitativa dels «estils» literaris d'escriptors diferents, Margalef explorà la diversitat i la connectància de sistemes artificials funcionals.

Va dirigir sengles tesis de llicenciatura que analitzaven la diversitat i la connectància dels components mecànics de models funcionals (molins, telers, automòbils, etc.) de Meccano (Marrasé, 1981) i de circuits electrònics diversos (amplificadors, compressors d'àudio, receptors, transmissors, etc.) usats en la construcció d'aparells electrònics (ràdios, televisors, etc.; Gutiérrez, 1981).

Els resultats no només indicaven una similitud substancial entre els sistemes naturals i els artificials, sinó una relació inversa entre diversitat i connectivitat: com més elements (espècies, peces de Meccano, components elèctrics i electrònics, etc.) posseeix un sistema funcional, menys relacionats (interconnectats) entre ells estan. I a l'inrevés: com menys elements, més connectivitat mostren. Un aparell electrònic no pot tenir tots els seus elements connectats (es curtcircuitaria), un model mecànic tampoc (no es mouria), i el mateix val per a un ecosistema, a menys que estigui constituït per tan pocs elements (tundra àrtica, fauna cavernícola, microcosmos, etc.) que la mútua interdependència sigui obligada. La connectivitat dels ecosistemes molt diversos, com ara la selva tropical o l'escull de coral, és baixíssima (Margalef i Gutiérrez, 1983).

Darrerament hi havia altres problemes que l'interessaven, alguns dels quals tenen importància en àmbits ben diferents de l'ecologia. Per exemple, argumentava que hi havia la possibilitat que la gran transició entre el Cretaci i el Terciari (K-T) i l'extinció en massa corresponent no fossin degudes a l'impacte d'un meteorit gran, que és l'explicació més acceptada avui, sinó a l'alliberament sobtat de gran quantitat de gasos, bàsicament CO₂, dels oceans, després de milers d'anys d'entrada en aquests de matèria orgànica d'unes aigües superficials més productives i d'aigües profundes anòxiques, mantingudes per sistemes de corrents diferents dels actuals. Episodis recents en llacs africans, acompanyats de gran mortaldat d'animals i persones, fan plausible aquesta expulsió relativament ràpida de diòxid de carboni a l'atmosfera, com si es tractés «d'una ampolla de cava gegantina» destapada de sobte.

Dos temes que atreïen així mateix l'atenció de Ramon Margalef en els darrers anys, dels quals sens dubte hauria trobat el desllorigador i hi hauria desentranat algun paradigma, com en els esmentats anteriorment, si la salut li ho hagués permès, són els que podríem anomenar, respectivament, «les mosques del 2, del 4, del 8» i la «inversió topològica del paisatge».

Sabates, claus, sobres per a cartes, entre altres artefactes, no es troben en el comerç en tota la gamma de mides possibles, sinó que hom ha arribat a una estandardització de mides concretes. En la natura passa el mateix, i ja fa temps

que hom ha establert que diferents espècies emparentades que tenen un rol ecològic similar estan separades per una determinada diferència de mida. Allò que no era tan evident és que algunes d'aquestes espècies de mida «estàndard» sembla que tenen un nombre de cèl·lules (en les ales de dípters i lepidòpters, on es poden comptar bé, en el cos d'altres invertebrats, i potser en altres caràcters merístics dels vertebrats o les plantes) que és la segona, tercera, quarta potència del nombre de cèl·lules de l'espècie més petita: una espècie (per exemple, de mosca) tindria n cèl·lules, l'espècie que la segueix per la mida en tindria n^2 , la següent n^3 , etc. Descobrir si aquesta situació és general, quins mecanismes de desenvolupament hi ha al darrere i quin significat tindria en el procés evolutiu, era un d'aquells reptes que interessaven Margalef.

El mateix passava amb la «inversió de la topologia dinàmica del paisatge», és a dir, la transformació del territori de qualsevol país occidental, que abans era relativament natural, poc transitat i esquitxat per un nombre reduït de petits nuclis habitats, en el *totum revolutum* actual, farcit de ciutats, conurbacions i altres hàbitats humans i, sobretot, de vies de transport de tot tipus per on transiten vehicles i informació i on la natura amb prou feines sobreviu davant la imparable escomesa de la nostra espècie. A Margalef li interessava en especial com afecta al flux d'informació aquesta inversió de fase, de quina manera es comporten les fronteres entre tesselles més madures i naturals i d'altres més actives i artificialitzades, com s'hi fa l'intercanvi de matèria, energia i informació..., l'essència científica subjacent a allò que pot ser evident per a un naturalista, urbanista o paisatgista, l'aproximació holística al fenomen concret.

Com tot en Margalef, aquests són exemples de la manera com es pot intentar esbrinar com funciona el món a partir d'una actitud de naturalista: curiositat (generalitzada, panòptica, constant, infantil); amor per l'objecte d'estudi; interès per les interconnexions dels diferents fenòmens naturals que, lentament i amb gran esforç, es van revelant. Ramon Margalef féu una contribució immensa a aquesta tasca d'esbrinar com funciona el món, i ho féu, tal com recordava Valiela (1994), perquè les seves «idees ens han fet pensar, la qual cosa és un encomi envejable per a qualsevol científic». Devem a Ramon Margalef agraïment per un caramull d'idees importants en ecologia i en ciència en general, la majoria estimulants, d'altres revolucionàries, algunes contradictòries amb conceptes «consagrats», de manera que ens va obligar a replantejar-nos moltes coses.

Epíleg

Ramon Margalef fou un home de ciència i un professor universitari exemplar, que honorà la Universitat de Barcelona, les acadèmies que el comptaren entre els seus membres, les universitats i els centres de recerca que li atorga-

ren distincions i el seu país. Margalef féu contribucions més que notables a l'ecologia, la limnologia i l'oceanografia, però li agradava definir-se com a naturalista (Ros, 2004b), i ho fou en la mesura que aquest qualificatiu s'escau així mateix a grans científics i pensadors de la biologia i d'altres ciències naturals, com ho foren Darwin i Mayr, Humboldt i Hutchinson, per esmentar-ne alguns. Malgrat la seva intensa i extensa dedicació a la ciència, Margalef no fou insensible a les coses del món, ans al contrari, per bé que situava aquestes en un clar segon pla, després del conreu de la ciència:

Per a la major part de temes que tenen a veure amb l'ecologia, prefereixo els poetes als advocats, i em sento més inclinat a la fantasia, als sentiments i a la inspiració que al rigor, la consistència i àdhuc la responsabilitat. En la meua consideració dels problemes ambientals, em sento més atret per l'origen dels problemes i allò que ens diuen sobre els mecanismes de la biosfera que per les seves solucions [...] No es tracta de manifesta insensibilitat, sinó preocupació pel fet que molt sovint les actuacions acceptades com a «ecològicament correctes» contribueixen a accentuar les desigualtats de les oportunitats de què la humanitat disposa. (Margalef, 1997)

Tal com deia Josefina Castellví en la presentació del que fou col·lega i mestre seu en ocasió de la concessió de la Medalla d'Or de la Generalitat de Catalunya, l'home fou encara més gran que el científic. L'enorme bagatge intel·lectual de Ramon Margalef, la seva modèstia, bonhomia, honestat i bon humor (a voltes càustic, sempre oportú) li donaven una dimensió humana que pocs científics assoleixen.

En la coberta d'un dels llibres més coneguts de Margalef (1992a) s'hi pot veure el fragment d'un tapís del segle XVI, en el qual un ancià immobilitzat per unes manyoteres sembla que estigui estudiant unes conquilles, mentre al seu voltant té lloc una escena bèl·lica impressionant. En l'explicació de la il·lustració, l'autor comenta que «cal valor per estudiar la diversitat biòtica entre tanta adversitat», segurament en referència als seus propis i difícils inicis com a naturalista, en l'ambient gens propici, ni al camp ni al laboratori, de la Catalunya i l'Espanya de la postguerra. A mi m'agrada donar-li una altra interpretació. Sovint als naturalistes se'ls ha criticat aquest anar a la seva, impassibles als esdeveniments d'aquest món, generalment turbulents, dels quals se solen aïllar en les seves torres de vori. Margalef no ho va fer pas, això, d'aïllar-se de l'entorn social; ans al contrari: va aplicar al món que l'envoltava, difícilment explicable en la seva globalitat des de les diferents òptiques a l'ús, parcials i per tant sectàries, els coneixements que l'estudi de la natura li va revelar.

Segons Stephen J. Gould (1993), hi ha dues menes de naturalistes: els galileans (de Galileo Galilei) es delecten en els enigmes intel·lectuals de la natura, però, sense negar-ne la bellesa visceral, malden per trobar-hi explicació científica (el mateix Gould en seria un cas). Els naturalistes franciscans (de Francesc

d'Assís), en canvi, simplement en gaudeixen i l'exalten amb paraules sovint bel·les i profundes: són els poetes de la natura. Segons Edward O. Wilson, el món, en tota la seva multifacètica complexitat, és explicable a partir d'uns mateixos principis generals, bàsicament físics, que són d'aplicació alhora a les ciències i a les humanitats; això és la «consiliència» (Wilson, 1999). Fa uns anys vaig dedicar un dels meus llibres, d'articles i assaigs sobre ciència (Ros, 1999, 2004a), «A Ramon Margalef, naturalista galileà i científic consilient *avant la lettre*».

JOANDOMÈNEC ROS I ARAGONÈS
Membre de la Secció de Ciències Biològiques
Membre de la Institució Catalana d'Història Natural
Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona

Referències

- BONNÍN, P. (1994). *Ramon Margalef*. Barcelona: Fundació Catalana per a la Recerca.
- CAMARASA, J. M. (1989). «Aspectes històrics dels estudis ecològics als Països Catalans». A: TERRADAS, J.; PRAT, N.; ESCARRÉ, A.; MARGALEF, R. [ed.]. *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 14. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, p. 15-25.
- GILL, J. M.; PRETUS, J. L.; PACKARD, T. T. [ed.] (2001). «A Marine Science Odyssey into the 21st Century». *Scientia Marina* [Barcelona: Institut de Ciències del Mar], núm. 65, supl. 2.
- GOULD, S. J. (1993). *Brontosaurus y la nalga del ministro*. Barcelona: Crítica.
- GUTIÉRREZ, E. (1981). *Organización de los ecosistemas: Análisis del concepto de conectancia por medio de la simulación y uso de artefactos análogos*. Universitat de Barcelona. [Tesi de llicenciatura]
- MARGALEF, R. (1953). «Los crustáceos de las aguas continentales ibéricas». *Instituto Forestal Invest. Exper.*
- (1955). «Los organismos indicadores en la limnología». *Instituto Forestal Invest. Exper.*
- (1957). «La teoría de la información en ecología». *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, núm. 32, p. 373-449. [Hi ha traducció anglesa del 1959 a *General Systems*]
- (1962). *Comunidades naturales*. Mayagüez: Instituto de Biología Marina de la Universidad de Puerto Rico.
- (1963). «On certain unifying principles in ecology». *The American Naturalist*, núm. 97, p. 357-374.
- [ed.] (1967). *Ecología marina*. Caracas: Fundación La Salle.

- MARGALEF, R. (1968). *Perspectives in Ecological Theory*. Chicago: University of Chicago Press. [Hi ha traducció castellana: (1978). *Perspectivas de la teoría ecológica*. Barcelona: Blume]
- (1974). *Ecología*. Barcelona: Omega.
 - (1978). «Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment». *Oceanologica Acta*, núm. 1 (4), p. 493-509.
 - (1980). *La biosfera: entre la termodinámica y el juego*. Barcelona: Omega.
 - (1981a). «Meditació sobre la recerca a la universitat». A: *Sobre les formes de l'activitat universitària: Acte inaugural del curs 1981-82*. Barcelona: Universitat de Barcelona, p. 39-63.
 - (1981b). *Ecología*. Barcelona: Planeta.
 - (1983). *Limnología*. Barcelona: Omega.
 - (1984). «Simple facts about life and the environment not to forget in preparing schoolbooks for our grandchildren». A: COOLEY, J. H.; GOLLEY, F. B. [ed.]. *Trends in ecological research for the 1980's*. Nova York; Londres: Plenum Press. (NATO Conf. Series), p. 299-320.
 - (1985a). *L'ecologia*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient. [Hi ha traducció castellana: (1989). *La ecología*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient]
 - (1985b). «From hydrodynamic processes to structure (information) and from information to process». *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.*, núm. 213, p. 200-220.
 - [ed.] (1985c). *Western Mediterranean*. Oxford: Pergamon Press. [Hi ha traducció castellana: (1989). *El Mediterráneo occidental*. Barcelona: Omega]
 - (1989). «Introducció al coneixement de la biosfera. Els ecosistemes pelàgics». A: TERRADAS, J.; PRAT, N.; ESCARRÉ, A.; MARGALEF, R. [ed.]. *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 14. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, p. 15-25, 73-118.
 - (1991a). *Teoría de los sistemas ecológicos*. Barcelona: Publicacions de la Universitat de Barcelona.
 - (1991b). «Perspectives de la creació científica (a Catalunya)». A: *La recerca a Catalunya, reptes de futur*. Barcelona: CIRIT, p. 205-218.
 - (1992a). *Planeta azul, planeta verde*. Barcelona: Prens Científica.
 - (1992b). *Oblik Biosfer (A view of the Biosphere)*. Moscou: Acadèmia de Ciències Russa. Institut d'Oceanologia.
 - (1993). «El planeta blau. Matèria per a la vida. Energia per fer i desfer. Éssers vius i informació». A: FOLCH, R. [ed.]. *Biosfera*. Vol. 1. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, p. 145-233.
 - [ed.] (1994). *Limnology Now: A Paradigm of Planetary Problems*. Amsterdam: Elsevier.
 - (1997). *Our biosphere*. Oldendorf/Luhe: Ecology Institute Ed. (Excellence in Ecology; 10)

- MARGALEF, R. (2004). *Notes autobiogràfiques de Ramon Margalef López*. [Inèdit]
- MARGALEF, R.; GUTIÉRREZ, E. (1983). «How to introduce connectance in the frame of an expression for diversity». *The American Naturalist*, núm. 21 (5), p. 601-607.
- MARGALEF, R.; MASSUTÍ, M. (1950). *Introducción al estudio del plancton marino*. Patronato Juan de la Cierva.
- MARRASÉ, C. (1981). *El concepto de diversidad en sistemas de diferente naturaleza: Analogías entre sistemas mecánicos y ecosistemas*. Universitat de Barcelona. [Tesi de llicenciatura]
- ROS, J. D. [ed.] (1979). *Prácticas de ecología*. Barcelona: Omega.
- (1991). «Ramon Margalef, limnologist, marine biologist, ecologist, naturalist». A: ROS, J. D.; PRAT, N. [ed.]. *Homage to Ramon Margalef, or Why there is such pleasure in studying nature*. (Oecologia Aquatica; 10), p. 413-423.
- (1999). *Proposicions il·luminadores i insensates: Reflexions sobre ciència*. Barcelona: Empúries.
- (2004a). *El segle de l'ecologia*. Alzira: Bromera.
- (2004b). «Dignifica l'apel·latiu "naturalista"». *Notícies de la Institució*, núm. 54 (juliol-agost 2004), p. 1-3.
- (2004c). «In memory of Ramon Margalef (1919-2004)». *International Microbiology*, núm. 7, p. 229-232.
- (2005). «Ramon Margalef, el científico genial». *Ecosistemas*, núm. XIV (1).
- ROS, J. D.; PRAT, N. [ed.] (1991). *Homage to Ramon Margalef, or Why there is such pleasure in studying nature*. (Oecologia Aquatica; 10), p. 413-423.
- ROS, J. D.; PACKARD, T. T.; GILL, J. M.; PRETUS, J. L.; BLASCO, D. [ed.] (2004). «Biological Oceanography at the Turn of the Millenium». *Scientia Marina* [Barcelona: Institut de Ciències del Mar], núm. 68, supl. 1.
- VALIELA, I. (1994). «Review of Homage to Ramon Margalef». *Scientia Marina*, núm. 58, p. 277.
- WILSON, E. O. (1999). *Consilience: La unidad del conocimiento*. Barcelona: Galaxia Gutenberg.
- ZAMORA, R.; SABATER, S.; CORTINA, J. (2005). «Homenaje a Ramon Margalef». *Ecosistemas*, núm. XIV (1).

El doctor Margalef i l'ecologia teòrica

La desaparició del professor Ramon Margalef el 23 de maig del 2004 ha encetat un període d'estudi de la seva obra com un reconeixement pòstum i alhora com una manera de donar a conèixer les seves contribucions, que tot sovint quedaren per als especialistes. Tot i que s'autoqualificava com un naturalista, i en aquest camp la seva obra va ser extraordinàriament prolífica, va ser capaç d'estendre les seves observacions cap a consideracions teòriques que van obrir noves vies d'estudi de la natura. Sens dubte aquesta part del seu treball és el que li va donar una major notorietat, tot i que mai va abandonar l'estudi de la natura en general i la dels organismes planctònics en particular.

Els seus primers treballs, tot i que tenen un caràcter fonamentalment descriptiu, no eviten en cap moment consideracions molt més generals que les que inicialment es podrien deduir dels temes tractats. En aquest sentit moltes de les seves publicacions pioneres, que es poden trobar a les revistes *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada* o *Investigación Pesquera*, contenen sucoses aportacions que són l'embrió de moltes de les idees que després va anar desenvolupant al llarg del temps. Aquestes revistes van ser també les que li serviren per iniciar els treballs del que més endavant es va qualificar com l'inici de l'ecologia teòrica.

Si haguéssim de dir de manera telegràfica quina va ser la contribució més destacada de Margalef a l'ecologia, aquesta seria la d'introduir el concepte d'informació. En efecte, quan es parla del funcionament dels ecosistemes es té clar que és una combinació del cicle de la matèria i el flux d'energia, però ara sabem que el resultat d'aquest procés és l'acumulació d'informació en forma d'estructura.

Margalef va ser l'introduïdor de la diversitat com una mesura de l'estructura de les comunitats. Aquesta aproximació ampliava la basada exclusivament en els cicles de la matèria i de l'energia. *La teoría de la información en ecología* (Margalef, 1957) és el treball presentat quan va ser nomenat membre de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona i que s'ha considerat com l'inici de l'ús de la diversitat com una mesura de l'estructura de les comunitats. Resulta sorprenent que un treball d'aquesta envergadura i transcendència tan sols tingui un modest predecessor (Margalef, 1956), en què s'introdueix el concepte de diversitat i es fan les primeres mesures a les comunitats del plàncton mediterrani. Posteriorment hi ha un segon treball (Margalef, 1961), publicat a *Limnology and Oceanography* a partir de la comunicació presentada a l'American Society of Limnology and Oceanography (ASLO) el 1960, que, segons l'autor, va rebre una gran acollida pels assistents al congrés i els lectors anglosaxons. La traducció a l'anglès de l'article del 1957 (*General Systems*, núm. 3, 1958) va ampliar el marc conceptual en l'àmbit internacional i s'obrí un període d'aplicació de moltes de les propostes de Margalef, que han estat abordades per Flos (2005). Tot i que el mateix Margalef s'encarregà de situar la teoria de la informació en un marc termodinàmic relacionat amb l'entropia, ell mateix va veure aviat com aquest concepte de diversitat quedava curt per explicar conceptes que inicialment es van considerar relacionats, com ara maduresa i estabilitat (Margalef, 1970). Una part dels seus treballs teòrics posteriors (Margalef, 1975, 1980, 1991 i 1997, entre d'altres) van intentar buscar noves aproximacions que permetessin una formulació més formal de conceptes que fins llavors tenien una definició intuïtiva i que poguessin relacionar-se amb les lleis de la termodinàmica de formulació més rigorosa.

Margalef va formar part d'una generació d'ecòlegs que van contribuir de manera molt significativa a l'ecologia teòrica. Hutchinson (1959, 1978) i McArthur (1972) van reformular la definició de nínxol ecològic i la van estendre a la competència i la partició de recursos, mentre que H. T. Odum (1971) realitzava una aproximació a partir dels fluxos d'energia i E. Odum (1962) i Margalef (1963) partien del concepte de successió ecològica com una manera d'estudiar l'estructura dels ecosistemes. Per Margalef la successió era un bon exemple de procés autoorganitzatiu del qual es podien extreure alguns principis emergents, que podien ser emprats per entendre no sols l'evolució temporal dels ecosistemes, sinó també l'heterogeneïtat espacial i la interacció entre aquestes dues aproximacions temps-espai. Una primera aplicació d'aquestes idees es troba en el treball del 1960 sobre l'ecologia dels rius. En aquest treball Margalef aplica la teoria de la successió canviant el temps per l'espai per explicar l'evolució de les comunitats dels rius al llarg del seu recorregut. Val a dir que aquest treball és també una síntesi d'anys de feina descriptiva de les comunitats del perifiton dels rius. Però un cop més Margalef s'avança a la mera descripció de comunitats per generalitzar els resultats en forma de procés

d'autoorganització espacial. Aquest treball de Margalef, junt amb el de Leopold i Maddock (1953) sobre la geometria hidràulica dels rius i el de H. T. Odum (1956) sobre el metabolisme fluvial, va ser la base de la primera teoria ecològica dels rius, *The River Continuum Concept* (Vannotte *et al.*, 1980), que no va veure la llum fins al cap de vint anys que s'establissin els seus principis.

La combinació de la teoria de la informació i de la successió ecològica va donar lloc al que personalment considero el seu treball més rellevant (Margalef, 1963), on presenta per primera vegada els principis emergents o el conjunt de regularitats que es poden observar al llarg de la successió. Aquest treball mostra com el cicle de la matèria i el flux d'energia no són suficients per explicar l'increment progressiu en l'estructura dels ecosistemes i que és el resultat de les interaccions entre els elements, les espècies i els individus, que ara es poden veure com a intercanvi d'informació. En el treball d'E. P. Odum (1962) sobre les relacions entre estructura i funció en els ecosistemes, si bé anticipa algunes d'aquestes idees, el mateix autor reconeix la forta influència de Margalef, que li va suggerir un diagrama (figura 3 en el treball original) en el qual es pot observar com evolucionen els quocients P/B, la concentració de clorofilla i la diversitat en un cultiu d'algues. No és estrany que Odum denomini aquest diagrama *model de la successió de Margalef*, que anticipa els trets més destacats del treball de Margalef (1963). No obstant això, en el treball posterior, i molt més conegut, Odum (1969) s'oblida de bona part dels anteriors elogis encomiàstics a la contribució de Margalef.

La transcendència d'aquest article del 1963 és doble; per un cantó, s'ha de considerar un intent de formalitzar l'estructura i els processos dels ecosistemes mitjançant «lleis» o regularitats, però, per un altre, alhora ens introdueix a una forma de comparar sistemes a través d'aquestes regularitats. En altres paraules, ens mostra com comparar i estudiar tot tipus d'ecosistemes des de mars poc productius fins a fèrtils, com ara l'aflorament del Sàhara. Des d'aquest punt de vista el bosc mediterrani, la selva tropical, el petit toll d'aigua, els grans llacs, els embassaments, els esculls de corall o les coves van ser objecte d'estudi comparatiu. Res va escapar de la seva capacitat d'observació i els resultats foren espectaculars. *Perspectives in Ecological Theory* (Margalef, 1968) és l'obra en què presenta moltes d'aquestes comparacions, que es van anar repetint al llarg de tota la seva obra. Que aquest petit llibre s'hagi convertit en una de les deu obres més citades de l'ecologia i sigui plenament vigent actualment dóna una idea de les aportacions que conté. Sense pretendre ser exhaustiu, alguns exemples poden il·lustrar algunes de les aportacions de Margalef a partir de l'aplicació dels conceptes emergents. Segons Margalef, un llac eutròfic ha d'evolucionar cap a oligotròfic quan s'elimina l'entrada de nutrients i de matèria orgànica. Aquesta idea, que era totalment contrària a la teoria que els llacs evolucionen d'oligotròfics a eutròfics, és la base de la restauració lacustre i dels plans de sanejament. L'evidència empírica d'aquest

procés d'evolució lacustre va ser establerta per W. T. Edmondson: és un dels casos més ben documentats a escala mundial (Edmondson, 1991) de reversió del procés d'eutrofització del llac Washington. En tan sols quatre capítols i cent onze pàgines Margalef passa revista a bona part dels tòpics de l'ecologia clàssica a *Perspectives in Ecological Theory* i revoluciona les idees que es tenien fins llavors i que tot sovint no passaven d'una mera descripció de comunitats o de processos, però sense entreveure què més hi havia al darrere. Així, a *Perspectives in Ecological Theory* es planteja l'estudi conjunt de tot tipus d'ecosistemes com a sistemes *cibernètics*: com d'antiquada ens sembla ara aquesta paraula en els temps dels ordinadors com a eina de consum! Conceptes com ara explotació entre sistemes, fronteres, heterogeneïtat espacial o dinàmica de poblacions, entre d'altres, són redefinits i presentats sota la idea que les interaccions són la base de l'organització dels ecosistemes i que aquesta organització es pot veure sota la llum de l'intercanvi d'informació. Tampoc en aquest llibre Margalef defuig d'analitzar el paper de l'home a la natura, ja sia a través de l'explotació o la conservació de la natura, ja sia en la seva evolució i, per descomptat, en la importància que tenen els canals d'informació ecològica i cultural en aquesta evolució i control de la biosfera.

Margalef no donava mai un tema per acabat i de fet *Perspectives in Ecological Theory* és l'inici d'una sèrie de llibres, en els quals es van anar actualitzant les seves idees sobre els temes desenvolupats en aquesta obra. Així, fins al 1997 les seves idees van ser posades al dia successivament en tres llibres: *La biosfera: entre la termodinàmica y el juego* (1980), *La teoría de los sistemas ecológicos* (1991a) i el seu darrer llibre *Our Biosphere* (1997), en el qual els quatre capítols de *Perspectives in Ecological Theory* són analitzats novament sota l'efecte de la forta influència que la humanitat està tenint en la modificació de la biosfera i el canvi climàtic. De fet, els canvis accelerats que estem introduint en la «topologia del paisatge», segons la seva expressió, estan tenint, per primera vegada en la història de la humanitat, efectes en àmbit planetari, sense que siguem conscients de les conseqüències.

Lluny d'aturar-se amb la teoria de la diversitat, Margalef va seguir explorant noves aproximacions a l'estructura dels ecosistemes a partir de l'estudi del plàncton. Per Margalef (1978), la morfologia i la fisiologia del fitoplàncton donaven lloc a un cert nombre de tipus biològics resultat d'adaptacions a règims ambientals fluctuants. Segons aquest esquema, l'activitat biològica era el resultat d'una combinació de condicions físiques, l'energia externa en forma de turbulència, i químiques, la concentració de nutrients. En la visió margalefiana del plàncton, els tipus biològics que observem es poden presentar de manera simplificada en forma del que denominava una «mandala» (figura 1), perquè estava presentada en forma de quadrants que indicaven situacions extremes en la combinació dels dos factors esmentats. No obstant això, la representació de les espècies a la «mandala» presenta tot sovint la forma de tra-

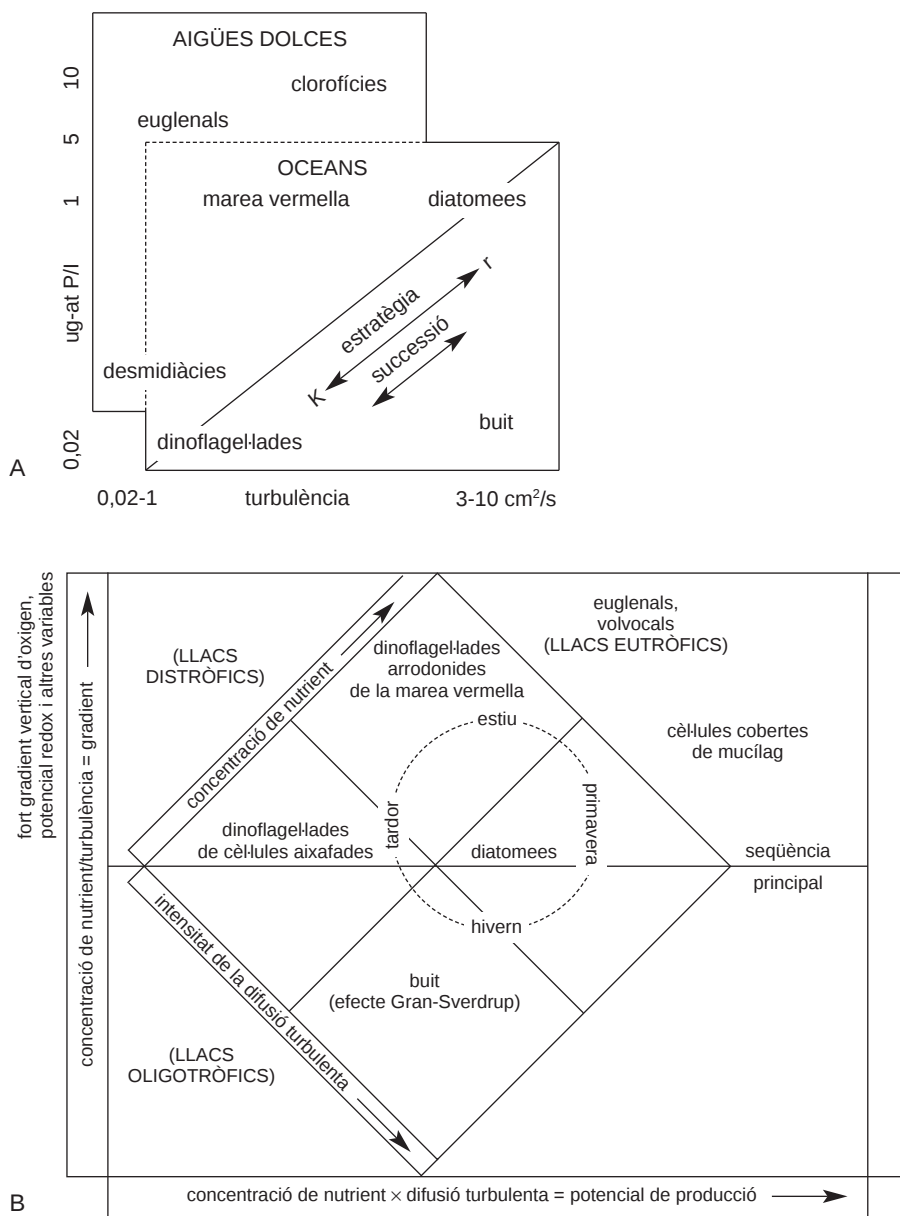


FIGURA 1. A. Presentació d'alguns grups d'organismes i comunitats planctòniques en un «espai ecològic» definit per la difusió turbulenta i per la concentració de nutrient, representat aquí pel fòsfor. — B. Rotació del mateix gràfic, amb canvi de coordenades.

jectòries en el temps o l'espai que expliquen la successió estacional d'una comunitat en uns casos o l'heterogeneïtat espacial en d'altres. No és estrany, doncs, que aquest model conceptual, però basat en l'observació del plàncton de tot tipus de sistemes aquàtics, tant marins, com continentals, sigui avui un dels models conceptuals més emprats. De fet, algunes de les idees implícites en els treballs de Margalef sobre tipologia del plàncton (Margalef, 1978, 1980 i 1985) són la base de la moderna classificació de les comunitats del fitoplàncton de les aigües continentals (Reynolds, 1997). Aquest tema no deixa de tenir un cert toc d'ironia, ja que cal buscar els orígens d'aquesta història, una vegada més, en el treball pioner de Margalef (1947) *Limnosociologia*, on aplicava les tècniques desenvolupades per Braun-Blanquet (1964) per establir una tipologia de les comunitats de les aigües continentals en el sentit fitosociològic de la paraula. Margalef sempre va considerar aquesta obra «un pecat de joventut», potser per això va buscar infatigablement una resposta que estigués basada en criteris més rigorosos pel que fa a la capacitat de resposta dels organismes a estímuls ambientals. Aquesta idea de fer una descripció sintètica de l'estructura de les comunitats planctòniques es va plasmar en nombrosos articles fins a arribar al ja esmentat sobre tipus biològics (Margalef, 1978).

La utilització de l'energia externa o exosomàtica com un factor generador del canvi en els ecosistemes és una idea seminal que tant Margalef (1974, 1991b) com Odum (1972, 1983) van aplicar no sols com una via per entendre el funcionament natural dels ecosistemes o de les espècies, sinó que la van utilitzar en el context de les societats humanes. Per Margalef, les escales temporals i espacials d'aplicació de les seves idees de l'ús de l'energia externa no suposaven cap inconvenient a l'hora d'aplicar les seves idees, i així com explicava la tipologia del plàncton, tal com s'ha dit anteriorment, era capaç d'explicar processos a escala molt més gran com ara els afloraments o el pas de borrasques en determinades zones oceàniques.

L'exemple de com l'energia externa actuava com un factor controlador de l'activitat del plàncton va obrir les portes a la utilització d'aquesta idea a tot tipus de comunitats, tan aquàtiques com terrestres, amb interessants aplicacions sobre la interacció entre sistemes veïns amb diferent grau de desenvolupament, el problema de les fronteres i l'explotació d'uns sistemes pels altres, idea que ja estava inicialment tractada a *Perspectives in Ecological Theory*, però que posteriorment va ser generalitzada en àmbit de comunitats i d'espècies. Aquelles que tenen una major disponibilitat d'energia exosomàtica adquireixen una major independència de l'ambient i poden explorar les altres comunitats menys desenvolupades i/o amb un ús menor d'energia. No cal estirar gaire la corda per veure l'aplicabilitat d'aquests conceptes a les poblacions humanes actuals. A nivell d'espècie el nostre «èxit» s'ha basat en una disponibilitat d'energia fòssil, quasi inesgotable per ara, tot i que el seu ús ja ens està passant factura en àmbit climàtic. Pel que fa a les societats o els paï-

sos, només cal veure l'actual situació geopolítica pel control dels recursos no renovables.

Margalef no va defugir mai d'aplicar els seus coneixements i les seves idees a l'home, que sempre va considerar com una espècie més dintre del funcionament de la natura (Margalef, 1988, 1991a, entre d'altres).

Després de la seva mort, i tenint present que el seu llibre del 1997 *Our Biosphere* és un intent de posar al dia les seves idees inicials de *Perspectives in Ecological Theory*, cal preguntar-se per la vigència de la seva obra teòrica. Margalef ha tingut sempre detractors pel seu costum de generalitzar sobre la base d'estudis o experiments de curt abast, però que ell sabia projectar com ningú a una escala macroscòpica; per aquest motiu, se l'ha considerat com un típic representant de l'holisme. Prenent com a referència els principis emergents basats en la successió ecològica, s'ha de dir que alguns han estat clarament superats. Per posar un exemple, la pertorbació intermèdia és avui una eina de treball que permet veure la successió com una resposta a canvis externs que selecciona espècies i determina la composició de la comunitat més enllà de la seqüència determinista que estableix la successió de Clements (1916). Margalef va ampliar i alhora va formalitzar aquesta concepció determinista a través dels principis emergents, en els quals l'eficiència de l'ecosistema, que es pot mesurar mitjançant el quocient P/B, és l'element clau. La teoria de la «facilitació» en la successió ecològica, en la qual les comunitats pioneres «menys madures» van deixant pas a les més evolucionades o «madures» a través de llur activitat, passa avui per moments no gaire bons. Els principis emergents de Margalef (1963) no passen pel seu millor moment i Walker (2005), en un bon homenatge a la seva memòria, fa una revisió crítica de la visió margalefiana de la successió. En el fons, es tracta d'una nova reedició de la pugna entre holistes i reduccionistes, que té en Patten (1995) un bon defensor dels primers. De ben segur que Margalef se'n riuria, d'aquesta classificació, ja que ell sempre afirmava que les dades empíriques eren la base de la «bona ciència». El problema era, per dir-ho d'alguna manera, que ell a partir de l'observació d'unes quantes mostres de fitoplàncton Déu n'hi do el suc que treia. No és cert, com diu Walker (2005), que la seva concepció de la successió estigués basada tan sols en la consideració de processos que tenen lloc en ecosistemes aquàtics. Ni que les pertorbacions no fossin considerades com un motor de la successió. De fet, per Margalef, l'energia externa, en forma de pertorbació, és un factor de canvi en àmbit local, igual com la clariana d'un bosc provocada per la caiguda d'un arbre, l'erosió del bosc de ribera en les zones de la selva tropical, els incendis naturals a la zona mediterrània o les avingudes en els rius són un factor de manteniment de la diversitat dins els ecosistemes. És com jugar una partida d'escacs simultània on cada moviment només té transcendència en àmbit local i el resultat final d'una partida només afecta l'entorn immediat dels jugadors. Aquesta possibilitat permet el manteniment de múltiples microsuccessions.

La successió tampoc passa per un bon moment, i el canal d'informació genètic, que amb el canal cultural i l'ecològic conformen la via d'evolució dels ecosistemes, no sembla que sigui una via acceptada actualment segons Walker (2005). Molt possiblement haurem d'esperar que el pas del temps permeti una sedimentació pausada de moltes de les idees de Margalef i que es vagin omplint els forats que va deixar en el seu avançament a salts sense preocupar-se gaire del que deixava enrere.

Amb aquest treball he volgut presentar una visió pretesament parcial de l'obra del doctor Margalef, la que aborda aspectes més teòrics de la seva producció científica. Cal no oblidar que, tot i la seva importància, és tan sols una petita part del seu treball, que està més lligat a l'estudi de la natura, principalment de les comunitats planctòniques. Ja he dit a l'inici d'aquest treball que s'autoqualificava de naturalista, i possiblement en aquest camp, més immutable al pas del temps, és on ens queda la seva part més propera a tots nosaltres. En aquest sentit, molts pensem que a la portada del seu llibre *Planeta azul, planeta verde* (1992) Margalef ens ofereix una visió de si mateix. L'escena, treta d'un tapís del segle XVI, mostra un vell encadenat mirant conquilles a la vora d'una platja, mentre en el seu entorn es lliura una batalla apocalíptica. Fa falta valor, tenir clares les conviccions per abstreure's d'aquest entorn i seguir mantenint l'interès per la natura en aquestes condicions. Resulta difícil saber el que pensava quan la va triar, i segons Ros (2005) hi ha interpretacions per a tots els gustos. Personalment crec que, lluny de fugir del que passava al seu entorn, com s'ha dit, ens mostra la persona compromesa que va saber mantenir la seva passió per la natura, tant per sobre de les dificultats, com dels cants de sirena que va tenir al llarg de la seva vida. Cal recordar que les vicissituds per què va passar durant la Guerra Civil, a les quals es referia amb freqüència, no s'allunyen gaire del significat del tapís, i segons ell van ser condicionants a l'hora de determinar el que volia fer en el futur.

No vull acabar aquesta nota sense recordar que aquest treball va ser presentat en un acte conjunt entre l'Institut d'Estudis Catalans i la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona en homenatge al doctor Margalef, membre d'ambdues entitats, el 5 d'octubre de 2004. Aquest acte va ser presidit conjuntament pel Molt Honorable Doctor Josep Laporte i l'Excel·lentíssim Doctor Rafel Foquet, que van lloar la figura de l'homenatjat des de la perspectiva de les dues institucions. Doncs bé, per aquelles coses que té endarrerir-se a fer la feina, resulta que poc després d'aquest acte acadèmic, mentre estava escrivint aquest treball, es va produir la mort sobtada del doctor Laporte. És per aquest motiu, i donada la malaurada casualitat dels fets, que voldria amb aquest escrit fer també un sentit homenatge a la seva memòria.

JOAN ARMENGOL BACHERO
Membre de la Institució Catalana d'Història Natural
Catedràtic de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona

Referències

- CLEMENTS, F. E. (1916). *Plant Sucession: An Analysis of the Development of Vegetation*. Washington: Carnige Institution of Washington Publication. 242 p.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964). *Pflanzen sociologie: Grundzüge der Vegetationskunde*. Viena: Springer-Verlag.
- EDMONDSON, W. T. (1991). *The uses of Ecology: Lake Washington and Beyond*. Seattle: Univ. Washington Press. 329 p.
- FLOS, J. (2005). «El concepto de información en la ecología margalefiana». *Ecosistemas* [en línia]. Any XIV, núm. 1. <http://www.revistaecosistemas.net/index.asp?id_numero=8>
- HUTCHINSON, G. E. (1959). «Homage to Santa Rosalia or why there are so many kinds of animals?». *Am. Nat.*, p. 145-159.
- (1978). *An Introduction to Population Ecology*. New Haven: Yale Univ. Press. 260 p.
- LEOPOLD, L. B.; MADDOCK, T. (1953). «The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications». *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, núm. 252. 57 p.
- MCCARTHUR, R. H. (1972). *Geographical ecology: patterns in the distribution of species*. Harper and Row. 269 p.
- MARGALEF, R. (1947). *Limnosociología*. (Monografías de Ciencia Moderna; 10), p. 1-93.
- (1956). «Información y diversidad específica en las comunidades de organismos». *Inv. Pesq.*, núm. 3, p. 99-106
- (1960). «Ideas for a synthetic approach to the ecology of running waters». *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, núm. 45, p. 133-153.
- (1961). «Communication of structure in planktonic populations». *Limnol. Oceanogr.*, núm. 6, p. 124-128.
- (1963). «On certain unifying principles in ecology». *Am. Nat.*, núm. 97, p. 357-374.
- (1968). *Perspectives in Ecological Theory*. Chicago: University of Chicago Press. 111 p.
- (1970). «Diversity and stability: a practical proposal and a model of interdependence». A: *Diversity and stability in ecological systems*. (Brookhaven Symposia in Biology; 22), p. 25-37.
- (1974). *Ecología*. Barcelona: Omega. 951 p.
- (1975). «Diversity, stability and maturity in natural ecosystems». A: DOBBEN, W. H.; LOWE-McCONNELL, R. H. [ed.]. *Unifying Concepts in Ecology*. Wageningen: Doctor W. Junk B. V. Publishers, the Hague, and Centre for agricultural publishing and documentation, p. 161-170.
- (1978). «Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment». *Oceanol. Acta*, núm. 1, p. 493-509.

- MARGALEF, R. (1979). «El precio de la supervivencia. Consideraciones ecológicas sobre las poblaciones humanas». *Étnica*, núm. 15, p. 103-115.
- (1980). *La biosfera: entre la termodinámica y el juego*. Barcelona: Omega. 236 p.
- (1981). *Limnología*. Barcelona: Omega. 1.010 p.
- (1985). «From hydrodynamic processes to structure (information) and from information to process». *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.*, núm. 213, p. 200-220.
- (1991a). *La teoría de los sistemas ecológicos*. Barcelona: Publicacions de la Universitat de Barcelona. 290 p.
- (1991b). *Energía exosomática y crecimiento cero: O ambiente na Península Ibérica, perspectivas a montante*. Universidade de Tras-os-montes e Alto Douro: Universidad Internacional, p. 37-46.
- (1992). *Planeta azul, planeta verde*. Barcelona: Prensa Científica. 265 p.
- (1997). *Our Biosphere*. Oldendorf/Luhe: Ecology Institute Ed. (Excellence in Ecology; 10). 176 p.
- ODUM, E. P. (1962). «Relationships between structure and function in the ecosystem». *Japanese J. Ecol.*, núm. 12, p. 108-118.
- (1969). «The strategy of ecosystem development». *Science*, núm. 164, p. 262-270.
- ODUM, H. T. (1956). «Primary production in flowing waters». *Limnol. Oceanogr.*, núm. 1, p. 102-117.
- (1971). *Environment, Power and Society*. Nova York: J. Wiley & Sons, Inc. 331 p.
- (1983). *Systems Ecology: An Introduction*. Nova York: J. Wiley & Sons, Inc.
- PATTEN, B. C.; JORGENSEN, S. E. (1995). *Complex ecology: the part-whole relation in ecosystems*. Englewood Cliffs, Nova Jersey: Prentice Hall.
- REYNOLDS, C. S. (1997). *Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory*. Ecology Institute Ed. (Excellence in Ecology; 9). 371 p.
- ROS, J. D. (1991). «Ramon Margalef, limnologist, marine biologist, ecologist, naturalist». A: ROS, J. D.; PRAT, N. [ed.]. *Homage to Ramón Margalef, or Why there is such pleasure studying nature*. (Oecologia Aquatica; 10), p. 413-423.
- (2005). «In memorian. Ramon Margalef (1919-2004)». *Acta Zoologica Mexicana*, núm. 21, p. 119-124.
- VANNOTTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. (1980). «The River Continuum Concept». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, núm. 37, p. 130-137.
- WALKER, L. R. (2005). «Margalef y la sucesión ecológica». *Ecosistemas* [en línea]. Any XIV, núm. 1. <http://www.revistaecosistemas.net/index.asp?id_numero=8>.

El doctor Ramon Margalef i el concepte de diversitat

Introducció

La varietat de components que es troben a la biosfera ha atret l'atenció dels naturalistes des de temps immemorial. Ja en els inicis del que es podria anomenar *ecologia moderna*, es va veure clar que la diversitat o riquesa de components, espècies o altres tipus d'entitats de cada ecosistema era una propietat important. Era obvi, però, que el senzill comptatge del nombre d'espècies no era suficient per caracteritzar una comunitat o una àrea d'estudi, ja que factors com ara les diferències d'abundància de cadascuna de les espècies i la mida de la mostra en condicionaven el resultat. La fascinació del jove Margalef per l'observació de la natura sembla que el predestinava a fixar la seva atenció en l'estructura de les distribucions d'espècies. Si repassem la seva bibliografia, trobem primer treballs de descripció d'organismes aquàtics, però ja en diverses publicacions de finals dels anys quaranta (per exemple, Margalef, 1949) podem seguir la crítica que fa Margalef dels índexs de diversitat existents i els intents de generalitzar les aplicacions d'aquests índexs a l'estudi de les comunitats. Aquest treball intenta presentar una breu pinzellada de les contribucions de Margalef sobre el tema de la diversitat biològica.

Inicialment, les propietats de les distribucions d'espècies es van estudiar sobretot en comunitats terrestres. Alguns autors havien proposat índexs de diversitat basats en la suposició que la distribució del nombre d'individus de diferents espècies en les comunitats naturals seguia certes regularitats matemàtiques. El freqüent ajust a una recta de la representació del logaritme de l'abundància del nombre d'individus d'una mostra o d'un col·lectiu,

d'acord amb el nombre d'espècies (en escala aritmètica), feia que un paràmetre molt utilitzat fos el pendent d'aquesta recta (Gleason, 1922). Aquest pendent, $d = (S-1)/\ln N$, proporcionava un índex de diversitat que Margalef havia mencionat en alguns treballs i que després va ser sovint conegut com a *índex de Margalef* (per ex., Magurran, 1988), encara que Margalef mateix no en reconeixia l'autoria i havia afirmat que declinava tota responsabilitat pel mal ús que se'n pogués fer. Un altre índex d'aquest tipus era l'alfa de Fisher (Fisher *et al.*, 1943), basat en l'ajust a una sèrie logarítmica del nombre d'individus de cada espècie si aquestes s'ordenen per ordre d'abundància.

Diversitat i teoria de la informació

Un dels primers índexs de diversitat que evitava el problema de l'ajust a determinades distribucions matemàtiques va ser el de Simpson (1949), que expressava la probabilitat que dos individus trets a l'atzar d'una comunitat fossin de la mateixa espècie (el valor numèric d'aquest índex, S , es relaciona inversament amb el concepte intuïtiu de diversitat, de manera que generalment s'utilitza $1/S$ o $1-S$). Margalef el considerava un bon índex, però no en tenia prou. La recerca d'una expressió quantitativa de la diversitat que no depengués de suposicions prèvies el va portar a considerar les possibilitats de la teoria de la informació. L'any 1956, va proposar la utilització de l'expressió de Brillouin com a mesura de l'«entropia» (o del seu invers, la «informació») d'un sistema, per caracteritzar la riquesa específica d'una comunitat (Margalef, 1956). Ho justificava dient que «no és necessari esforçar-se gaire per veure la relació que existeix entre la riquesa o diversitat específica d'una comunitat i la “informació” subministrada per una mostra d'aquesta comunitat».

Aquesta línia de recerca culmina, l'any 1957, amb el discurs inaugural del doctor Margalef per a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, sobre «La teoria de la información en ecología». Margalef (1957) admet que l'ideal del biòleg seria «encadenar en la presó de la fórmula la qualitat del fenomen viu, amb l'aptitud que Alcover alaba en el poeta:

vós que caceu libèl·lules en la presó del rim,
vós que preniu les ales amb tanta subtileza
que no se perd un àtom del matisat polsim

Segons Margalef (1956, 1957), la informació continguda en la diversitat específica d'una comunitat pot mesurar-se, utilitzant l'expressió de Brillouin (1951), com el logaritme del nombre de distribucions equiprobables que es poden formar considerant com a intercanviables els individus de cada espècie:

$$I = \log_2 \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_S!}$$

on S és el nombre d'espècies i $N_1, N_2, \dots, N_S$ el nombre d'individus de les espècies 1, 2, ..., S .

A fi de poder comparar dos collectius, cal referir I a un valor de base, que pot ser el nombre total d'individus, N ($I_N = I/N$), l'àrea mostrejada, A ($I_A = I/A$) o alguna altra magnitud convenient.

El següent pas de Margalef (1957) va ser la proposta d'una nova forma d'expressar la diversitat (H), mitjançant una altra fórmula utilitzada en teoria de la informació (Shannon i Weaver, 1949) per mesurar la informació d'un conjunt de símbols (espècies) amb diferents probabilitats *a priori* (amb diferents freqüències):

$$H = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i,$$

on S és el nombre d'espècies i p_i és la proporció de l'espècie i ($\sum_{i=1}^S p_i = 1$).

Aquesta fórmula és adequada per al càlcul de la diversitat d'una mostra extreta a l'atzar i és més fàcil de calcular que la de Brillouin, que descriu la diversitat d'un collectiu en què s'ha fet un cens complet dels individus. Amb certes aproximacions, les dues expressions esdevenen equivalents. Òbviament, a banda de la composició específica, el càlcul de la informació d'una comunitat pot basar-se en altres propietats, com ara la distribució de mides o de components bioquímics dels organismes.

És important remarcar que «La teoria de la informació en ecología» va molt més enllà de proposar l'aplicació d'unes fórmules. Margalef presenta exemples i explora les implicacions dinàmiques del concepte de diversitat. D'altra banda, insisteix a assenyalar que característiques com ara la distribució espaciotemporal dels organismes, molt més difícils d'encloure en un índex senzill, eren també portadores d'informació. Proposa també la utilització de mesures d'informació per al càlcul d'un índex de discontinuïtat aplicable a l'estudi de la successió ecològica.

«La teoría de la información en ecología» va tenir un gran impacte internacional, fet remarcable si es té en compte la situació de la ciència espanyola de l'època. Una demostració d'aquest fet és que només un any després ja s'havia publicat una traducció anglesa del text (Margalef, 1958). Actualment, els mètodes derivats de la teoria de la informació formen part de les eines generals de l'ecologia i continuen generant noves aplicacions (per ex., Cazelles, 2004).

Els «espectres» de diversitat

El tema de les relacions espacials i temporals com a portadores d'informació continuà preocupant Margalef, que va enfocar el problema mitjançant els anomenats *espectres de diversitat*, consistents en una representació dels valors de la diversitat d'acord amb l'espai inclòs en la mostra estudiada. Un treball clau és «Estudios sobre la distribución a pequeña escala del plancton marino» (Margalef, 1969a), on presenta el resultat de l'examen d'un bon nombre de mostres de fitoplàncton preses en aigües costaneres de Castelló. La zona d'estudi ocupava un gradient de producció, i el càlcul dels espectres de diversitat mostrava les diferències d'organització (figura 1) entre l'aigua subsuperficial dels angles N i O («40 m» a la figura 1, dreta), més turbulenta i rica en nutrients, on la diversitat era relativament alta per volums petits, però arribava aviat a un màxim quan s'ampliava la mostra (espectre de tipus «rectangular»), i l'aigua superficial del S i l'E («superf.» a la figura 1, dreta), més estratificada i oligotròfica, on la diversitat continuava augmentant a mesura que creixia el volum de mostra considerat (espectre «diagonal»). Per a una certa dimensió de la mostra, els índexs de diversitat eren els mateixos per a les dues zones, cosa que remarcava la poca utilitat de les estimacions basades en un volum puntual.

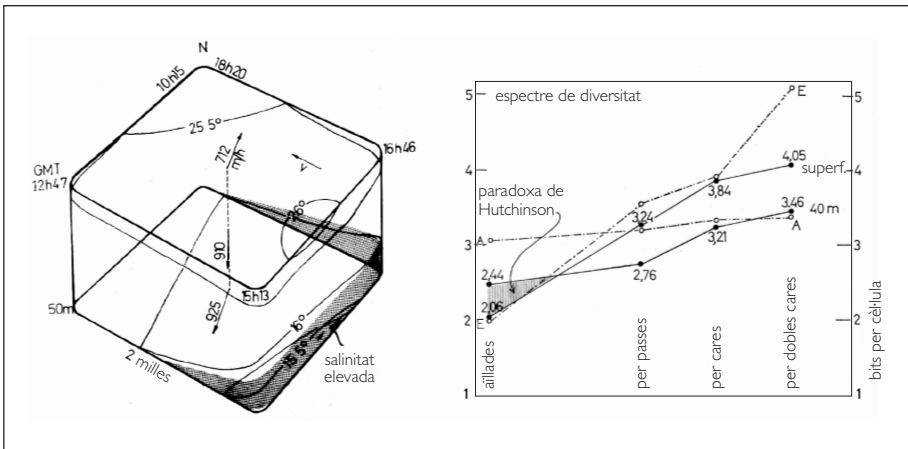


FIGURA 1. A l'esquerra: esquema del bloc estudiat en aigües costaneres de Castelló (31-7-1968). Escala vertical exagerada. Es representen algunes isolínies. V indica la direcció del vent i les fletxes, la direcció i velocitat del corrent a tres nivells. A la dreta: espectres de diversitat, calculats separatament per a diferents subdivisions del bloc estudiat. S'hi veu un considerable contrast entre l'espectre de la capa superficial (superf.), que seria del tipus «diagonal», i el de la capa subsuperficial (40 m), del tipus «rectangular». Tret de Margalef (1969a).

La significació dels espectres de diversitat està íntimament lligada a una altra de les aportacions cabdals de Margalef, la visió del medi pelàgic com un espai altament estructurat per efecte de l'energia externa. Aquesta energia, anomenada així per contraposició a l'energia interna capturada per la fotosíntesi, deriva del forçament físic en forma de vents i corrents i genera turbulència, que es tradueix en una cascada de remolins a diverses escales. Aquesta heterogeneïtat del medi interacciona amb les característiques o adaptacions dels organismes i porta a una segregació local de les espècies. El concepte d'espectre és bàsic per a qualsevol intent d'estudi quantitatiu de la diversitat planctònica. La seva utilització pràctica, però, topa amb certs problemes, que Margalef havia estat el primer a considerar. Un d'aquests, més aviat teòric, té relació amb el gra de les comunitats i és conceptualment semblant al problema de com determinar l'estacionarietat d'una sèrie temporal: fins a quin punt podem considerar dues mostres o dos punts de mostratge com a trets d'un hàbitat homogeni? Com definir el que és una frontera entre dos ecosistemes? Una altra dificultat és, senzillament, la gran quantitat de temps que necessita tot intent de càlcul d'espectres basat en l'examen morfològic de mostres de plàncton. Aquest darrer problema pot trobar ara solucions parcials basades en noves tecnologies (citometria de flux, determinació de pigments fotosintètics, anàlisis genètiques, etc.) que permeten l'anàlisi més o menys automatitzada de gran nombre de mostres.

Diversitat i flux d'energia

Un aspecte fonamental de la visió de Margalef sobre la diversitat és que cal considerar-la des d'un punt de vista dinàmic. És a dir, a més d'una dimensió espacial, la diversitat té una dimensió temporal, en relació amb el flux d'energia i la successió ecològica. Aquests conceptes, ja presents des del principi, són desenvolupats plenament en diverses publicacions dels anys seixanta. La idea bàsica és que són les taxes de variabilitat, és a dir, les derivades de diversitat, biomassa o altres propietats dels ecosistemes, les que poden mostrar relacions entre si, però no els valors puntuals d'aquestes propietats. Així, l'acceleració de la producció de biomassa (per exemple, després d'una addició de nutrients), d_2B/dt^2 , que va lligada a l'augment de la proporció d'espècies de creixement més ràpid, és directament proporcional (Margalef, 1968) a la disminució, $-dD/dt$, de la diversitat (D):

$$\frac{d_2B}{dt^2} = - \frac{dD}{dt},$$

Al llarg de la successió, si no hi ha entrada d'energia externa, després d'una fase inicial d'utilització dels recursos «en pla de disbauxa» (Margalef, 1980), es van introduint condicions restrictives degudes a l'esgotament o, més ben dit, segregació (a la zona fòtica no hi ha nutrients, on hi ha nutrients no hi ha llum) dels components necessaris per a la producció biològica, de manera que l'energia canviada o l'entropia produïda per unitat de biomassa van disminuint, al mateix temps que augmenta la diversitat. Topem també aquí amb el problema de l'estructura espacial i els espectres, ja que, en realitat, el que tindríem al llarg de la successió és el pas d'un espectre rectangular, típic dels inicis, a un espectre més diagonal. D'altra banda, és important tenir en compte el nivell bàsic d'organització de l'ecosistema estudiat. En una aproximació conceptual a aquest problema, Margalef (1969b) proposa l'expressió:

$$D = K - \frac{dB/dt}{B},$$

on K és una constant d'organització que representa el límit superior de la diversitat (D). El terme $(dB/dt)/B$, que representa la relació entre producció i biomassa, tendiria vers 0 en avançar la successió, de manera que la diversitat tendiria a un valor màxim $= K$.

Nombroses observacions constaten que els valors de diversitat no sobrepassen un límit superior, que en el cas de l'índex S és proper a 5. Margalef reflexiona sobre aquest tema en un treball (Margalef, 1972) publicat en un volum dedicat a G. E. Hutchinson. Entre altres possibles explicacions, constata que els ecosistemes inclouen sistemes de retroalimentació (*feedbacks*) reguladors i que sembla que cal una distància mínima en alguna propietat general entre cada parell d'espècies perquè aquests sistemes de retroalimentació puguin formar-se.

Diversitat i estabilitat

Sembla un fet d'observació general que els ecosistemes que ens criden l'atenció per la seva riquesa d'espècies, com ara els arquetípics selva tropical o esculls de corall, tendeixen a mantenir-se constants en el temps, és a dir, per emprar un mot usual, són estables. Aquesta constància augmentaria al llarg de la seqüència successional, paral·lelament a l'augment de la complexitat del sistema, que pot expressar-se mitjançant els canvis en els espectres de diversitat de «rectangulars» a «diagonals». També es pot parlar, però, de la capacitat d'un sistema de mantenir-se raonablement similar a si mateix enfront de canvis deguts a agents exteriors al sistema (fluctuacions climàtiques, per exemple). En aquest cas, el sistema tindria estabilitat, resistència o resiliència, en el

sentit de MacArthur, o sigui, de poder trobar camins alternatius pels fluxos d'energia, segons les circumstàncies externes (Margalef, 1968, 1969*b*). Un concepte relacionat era la «freqüència de fluctuacions» de Leigh (1965), que variava inversament amb l'estabilitat entesa com a constància.

A mesura que més ecòlegs teòrics van dedicar-se a analitzar el concepte d'estabilitat, el nombre d'accepcions proposades es va anar multiplicant. Un dels revulsius van ser els resultats dels models d'ecosistemes de May (1973), que suggerien que a mesura que un sistema esdevenia més complex, amb més espècies i més interconnexions entre aquestes, es tornava més «dinàmicament fràgil», en el sentit que es reduïa l'espai de paràmetres pels quals l'ecosistema era estable. Aquestes observacions sembla que contradeïen les idees generalment acceptades i van desencadenar una sèrie de discussions sobre els possibles significats del concepte d'estabilitat. Era obvi que encara que conceptes com diversitat i estabilitat havien estat molt útils per estimular les idees, podien adquirir tants significats diferents que les discussions sobre el seu significat ecològic sembla que no anaven enlloc. Margalef, poc afeccionat a les classificacions rígides, va defugir els intents de polèmica sobre la caracterització dels diversos tipus d'estabilitat. Margalef (1969*b*) escriu: «En realitat, el rang de possibilitats és continu, s'estén des de l'estabilitat plàstica requerida com a condició de supervivència fins a l'estabilitat rígida permesa només en un ambient constant. No sabem com decidir si caldria aplicar la paraula en qüestió al cap o a la cua de la nostra serp.» Per Margalef, conceptes com diversitat, estabilitat i maduresa reflectien impressions grolleres sobre la conducta aparent dels sistemes físics. Les relacions entre diversitat i estabilitat eren confoses, perquè ambdues eren propietats perifèriques de l'ecosistema i derivaven de propietats més fonamentals d'aquest, en tant que sistema físic (Margalef, 1975). D'altra banda, reconeixia que tot el que existeix és (podríem dir que per definició) estable, de manera que les discussions sobre estabilitat es referien en realitat a la manera com era aconseguida (Margalef, 1980). Actualment, malgrat les polèmiques, el tema de les relacions entre diversitat i altres propietats dels ecosistemes segueix atraient l'atenció de nombrosos ecòlegs i regularment surten aportacions, més o menys originals, en tota mena de revistes del ram, incloses les de més difusió. Per exemple, a partir d'estudis a llarg termini de parcel·les de prat, Tilman (1996) trobava que, en augmentar la riquesa d'espècies, la biomassa total de la comunitat esdevenia més constant, mentre que les abundàncies de les espècies individuals tendien a ser més variables. Aquest resultat representaria una manera de reconciliar les prediccions de May (1973) i les de les hipòtesis que associen diversitat amb estabilitat. En aquest context, cal remarcar que Margalef (1975) ja havia indicat que les relacions trobades depenien de quina propietat s'observava, de manera que un sistema amb una composició d'espècies molt inestable podia ser molt estable en relació amb el flux d'energia a través seu.

Els resultats de May (1973) havien ajudat a posar de manifest el que ja havien intuït alguns teòrics, entre ells Margalef (1968). Un sistema flexible no pot estar completament interconnectat. Si es volia caracteritzar la contribució de la riquesa d'elements d'un sistema a la seva resiliència, calia també estimar d'algun manera el nombre d'interconnexions entre aquests elements. Margalef i Gutiérrez (1983) proposen un índex de connectància, C , expressat com:

$$C = D_c/D,$$

$$\text{on } D = \frac{\sum_{i \neq j} p_i p_j}{\sum p_i^2},$$

és el nombre màxim d'interaccions i

$$D_c = \frac{\sum_{i \neq j} a_{ij} p_i p_j}{\sum p_i^2},$$

on a_{ij} és un factor o coeficient d'activitat, representa el grau de realització d'aquestes interaccions. Si $a_{ij} = 0$, les espècies i i j no estan relacionades; si $a_{ij} = 1$, la interacció entre les espècies és proporcional al producte de les seves respectives densitats de població. Margalef i Gutiérrez (1983) il·lustraven aquesta proposta amb diagrames derivats de l'estudi de circuits electrònics de diversa complexitat, en què es veia una clara relació inversa entre la diversitat (el logaritme de D) i la connectància. Mesures similars es van fer amb objectes fets amb peces de Meccano (Marrasé, 1981).

Diversitat i termodinàmica

La preocupació per situar la diversitat en una perspectiva dinàmica porta Margalef a una interpretació innovadora d'un senzill índex de diversitat, k , definit com el quocient entre el logaritme del nombre d'espècies (S) i el logaritme del nombre d'individus (N).

$$k = \frac{\log S}{\log N}$$

Aquest índex varia entre 0, per a una mostra composta d'una sola espècie, i 1, per a una hipotètica comunitat que tingués un individu de cada espècie, cas que només és plausible en situacions com la de la vitrina d'un museu (o quelcom semblant a una arca de Noè). A partir de la integració entre conceptes cibernètics i la teoria de la insularitat de MacArthur i Wilson (1967), Margalef (per ex., 1989, 1991) proposa la visió de k com una mesura de la facilitat relativa amb què es modifiquen el nombre d'individus i el d'espècies. MacArthur i Wilson (1967) havien suggerit que el nombre d'espècies en una illa era el resultat d'un equilibri dinàmic entre la immigració i l'extinció d'espècies. Per a una illa determinada, a mesura que augmenta el nombre d'espècies disminueix la taxa d'immigració d'espècies noves, mentre que augmenta la taxa d'extinció de les presents. Segons aquests autors, la relació entre el nombre d'espècies presents i les taxes d'immigració (I) i extinció (E) d'espècies es pot representar empíricament per una equació del tipus:

$$\frac{dS}{dt} = I - E = cS^m - dS^{m'},$$

on c i m són paràmetres de la corba que representa la immigració i d i m' de la que representa l'extinció.

D'acord amb Margalef (1989), si s'expressa la variació en el nombre d'espècies per:

$$\frac{dS}{dt} = cS^m - dS^{m'},$$

i la del nombre d'individus, de manera similar, per:

$$\frac{dN}{dt} = aN^b - bN^{b'},$$

i se suposa un estat estacionari per a aquestes variacions, resulta:

$$k = \frac{\log S}{\log N} = B \frac{(b' - b)}{(m' - m)},$$

on B és un factor. Així, per Margalef (1991), k descriu «l'eficiència comparada de dos mecanismes de regulació», un que regula el nombre d'espècies i un altre que controla el nombre total d'individus o llur biomassa. Aquesta for-

mulació permet a Margalef associar la variació de diversitat amb la dinàmica temporal de la comunitat, i reafirmar que la diversitat pertany al camp de la termodinàmica (Margalef, 1991, 1994a).

La idea que els ecosistemes o els subsistemes que els formen s'han d'entendre com a sistemes físics i s'ajusten a un model fonamental d'organització basat en l'associació de dues parts, un sistema dissipatiu, proveïdor d'energia externa, i un sistema autoorganitzatiu, productor d'informació (Margalef, 1995, 1997), es troba, més o menys explícita, en treballs anteriors (per ex., Margalef, 1985). Els exemples d'aquests aparellaments són nombrosos: depredador-presa, plàncton-bentos, corrents marins-plàncton. El concepte té també aplicacions pràctiques, com ara l'anomenat *principi de Mateu o de Marc*, que Margalef va contribuir a introduir en el discurs ecològic, i diu que «el component que té més informació s'emporta la millor part de la informació generada en cada transacció» (Margalef, 1985).

Diversitat i biodiversitat

El reconeixement que l'acció de l'espècie humana sobre la resta de la natura és responsable d'una accelerada pèrdua d'espècies ha portat, durant les darreres dècades, a una sèrie d'esforços, no tan sols científics, sinó també de relacions públiques, a fi de fer conscient el públic del problema. Un d'aquests esforços va ser el National Forum on BioDiversity organitzat l'any 1986 sota el patrocini de l'Acadèmia Nacional de Ciències dels Estats Units i de la Smithsonian Institution. E. O. Wilson va ser l'editor de les actes, publicades l'any 1988 en un volum titulat *BioDiversity*. Com reconeix el mateix Wilson (1995), ell havia proposat l'expressió *Biological diversity*, que li semblava més «digne», i va ser un membre del personal administratiu de l'Acadèmia qui va insistir a utilitzar *BioDiversity* per fer el títol més atractiu. *Biodiversitat* va fer fortuna i és ara d'ús generalitzat tant entre científics com entre els mitjans de comunicació generals. Margalef explicava que, en un principi, havia considerat el nou terme com una altra addició supèrflua al vocabulari existent. De seguida, però, s'adonà que el nou mot obria la possibilitat de diferenciar dos conceptes diferents, però alhora íntimament relacionats. La diversitat es basa en un cens de les espècies o components d'una comunitat concreta en un cert moment i expressa, de manera matemàtica abreujada, la riquesa d'espècies existents i les relacions d'abundància entre si. La biodiversitat representa el magatzem de totes les unitats taxonòmiques o de la diversitat genètica disponible en un entorn determinat (Margalef, 1994a, 1997, 1999). En aquest sentit, quists i altres fases cel·lulars de resistència representarien «reserves» de biodiversitat que podrien passar a formar part de la diversitat «activa» en arribar l'ocasió adient. És a dir, en el cas d'un idioma, la bio-

diversitat representaria el diccionari, mentre que la diversitat es mesuraria en mostres de frases concretes d'aquest idioma.

La reflexió sobre el contrast entre diversitat i biodiversitat portà Margalef a refinar les seves idees sobre les relacions entre successió i evolució, un tema que ja trobem, per exemple, a «La teoria de la informació en ecologia, a vint anys de distància» (Margalef, 1980). La successió pot ser un bon marc pels processos evolutius, perquè genera repetidament seqüències de situacions semblants. Cada successió representa un experiment que processa material genètic dels dipòsits locals de biodiversitat i que tendeix a alentir canvis mitjançant un augment de complexitat de l'estructura de la maquinària de l'ecosistema (Margalef, 1997). En aquest procés, la «sageta» direccional es pot expressar d'acord amb el principi de Volterra (1937), segons el qual, l'«acció biològica» (A) tendeix a un mínim:

$$A = \int_0^t \left[\sum_{i=1}^S (a_i N_i \log N_i) \right] dt ,$$

on S és el nombre d'espècies, N_i és el nombre d'individus de l'espècie i , i a_i el pes mitjà d'aquests individus.

La similaritat entre l'expressió de Volterra i (amb signe canviat) la mesura de l'índex de diversitat (H) mitjançant la fórmula de Shannon va fer veure a Margalef que la tendència de A vers un mínim implicava la de H vers un màxim. Margalef elogiava el treball de Volterra i no perdia ocasió per recomanar a tothom la seva lectura, per cert, ben difícil per als no matemàtics.

La diversitat i la seva mesura. Conceptes i teories

Les dificultats inherents a la quantificació de la diversitat, àmpliament comentades per Margalef i altres, han fet que la utilització d'aquest concepte i d'altres associats i igualment difícils de mesurar o definir hagi estat el centre de nombroses polèmiques. En algunes ocasions, la crítica als índexs de diversitat existents acabava amb la proposta d'un nou índex per afegir a la llista (Hurlbert, 1971). Per Margalef, aquest tipus de discussions eren més aviat bizantines, perquè ell cercava maneres més generals d'expressar el que la diversitat representava (Margalef, 1989). De fet, una de les seves aportacions més recents a l'estudi del fitoplàncton marí va ser una comparació entre la diversitat del fitoplàncton de la Mediterrània i del Carib (Margalef, 1994a, 1994b), basada en dades de més d'un miler de mostres de cada lloc, i expressada per mitjà de gràfics que arrengraven en ordre decreixent els logaritmes de l'abundància de les espècies, ordenades de més a menys freqüents. Aquesta representació deixava clar que la Mediterrània, amb menys

espècies molt abundants i més espècies rares que el Carib, era la regió amb diversitat més alta.

Alguns temes, com el de les relacions entre diversitat i estabilitat, han passat a ser un exemple clàssic (en el sentit de ser material explicat a moltes classes d'ecologia) de controvèrsia científica. Ecòlegs com Peters (1991) han remarcat la manca de poder predictiu de l'ecologia contemporània. En general, però, tots aquests crítics queden curts a l'hora de proporcionar alternatives. Com deien Dobben i Lowe-McConnell (1975) en el prefaci d'un llibre que recollia aportacions de Margalef i altres grans ecòlegs, cal tenir en compte, des del principi, que els conceptes no són teories que es puguin demostrar falses. Segons aquests autors, l'únic criteri per a un concepte és que sigui útil, i pot ser-ho encara que només es pugui relacionar amb propietats quantitatives de l'ecosistema d'una manera molt general.

Ramon Margalef és un dels científics que més ha contribuït, mundialment, al desenvolupament de l'ecologia teòrica. Aquest breu article ha intentat destacar algunes de les seves aportacions al concepte de diversitat, que era un dels seus temes predilectes. En realitat, però, el pensament teòric de Margalef acaba formant un tot integrat, en el qual és impossible destriar un concepte sense estirar al mateix temps una cadena d'idees que el lliga a tots els altres. Margalef ens ha deixat un llegat immens en les seves publicacions. Reflexionar sobre els seus treballs i intentar aprofitar i desenvolupar al màxim la riquesa de pensament que contenen és potser la millor manera d'agrair-li.

MARTA ESTRADA I MIYARES

Membre de la Secció de Ciències Biològiques

Exvicepresidenta de la Societat Catalana de Biologia

Membre de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona

Institut de Ciències del Mar, CMIMA (CSIC)

Referències

- CAZELLES, B. (2004). «Symbolic dynamics for identifying similarity between rhythms of ecological time series». *Ecology Letters*, núm. 7, p. 755-763.
- DOB BEN, W. H.; LOWE-McCONNELL, R. H. (1975). *Unifying concepts in ecology*. Wageningen: Doctor W. Junk B. V. Publishers, the Hague, and Centre for agricultural publishing and documentation. 302 p.
- FISHER, R. A.; CORBET, A. S.; WILLIAMS, C. B. (1943). «The relation between the number of individuals and the number of species in a random sample of animal population». *J. Anim. Ecol.*, núm. 12, p. 42-58.

- GLEASON, H. A. (1922). «On the relation between species and area». *Ecology*, núm. 3, p. 156-162.
- HURLBERT, S. H. (1971). «The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters». *Ecology*, núm. 52, p. 577-586.
- LEIGH, E. G. (1965). «On the relation between the productivity, biomass, diversity and stability of a community». *Proc. Nat. Acad. Sci.*, núm. 53, p. 777-783.
- MAGURRAN, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Cambridge: University Press, 179 p.
- MARGALEF, R. (1949). «Una aplicación de las series logarítmicas a la fitosociología». *P. Inst. Biol. Apl.*, núm. 6, p. 59-72.
- (1951). «Diversidad de especies en las comunidades naturales». *P. Inst. Biol. Apl.*, núm. 9, p. 5-27.
- (1956). «Información y diversidad específica en las comunidades de organismos». *Inv. Pesq.*, núm. 3, p. 99-106.
- (1957). «La teoría de la información en ecología». *Mem. Real Acad. Ciencias y Artes de Barcelona*, núm. 32, p. 373-449.
- (1958). «Information theory in ecology». *Gen. Syst.*, núm. 3, p. 36-71.
- (1968). *Perspectives in Ecological Theory*. Chicago: The University of Chicago Press. 111 p.
- (1969a). «Estudios sobre la distribución a pequeña escala del plancton marino». *Mem. Real Acad. Ciencias y Artes de Barcelona*, núm. 60, p. 1-22.
- (1969b). «Diversity and Stability: A Practical Proposal and a Model of Interdependence. Diversity and Stability in Biological Systems». A: *Diversity and stability in ecological systems*. (Brookhaven Symposia in Biology; 22), p. 25-37.
- (1972). «Homage to Evelyn Hutchinson, or why there is an upper limit to diversity». *Trans. Connect. Acad. Arts Sci.*, núm. 44: *Growth by Intussusception: Ecological essays in Honor of G. Evelyn Hutchinson* [New Haven: The Connecticut Academy of Arts and Sciences], p. 213-235. [Edició a cura d'E. S. Deevey]
- (1975). «Diversity, stability and maturity in natural ecosystems». A: DOBBEN, W. H.; LOWE-McCONNELL, R. H. (1975). *Unifying concepts in ecology*. Wageningen: Doctor W. Junk B. V. Publishers, the Hague, and Centre for agricultural publishing and documentation, p. 151-160.
- (1980). «La teoria de la informació en ecologia, a vint anys de distància». *Butlletí de la Societat Catalana de Biologia*, núm. 4, p. 159-186.
- (1985). «Ecosystems: Diversity and connectivity as measurable components of their complication». A: *The Science and Praxis of Complexity*. The United Nations University, p. 228-244.
- (1989). «On diversity and connectivity, an historical expression of ecosystems». *Coenoses* [Trieste], núm. 4, p. 121-126.

- MARGALEF, R. (1991). «Reflexiones sobre la diversidad y el significado de su expresión cuantitativa». A: PINEDA, F. D.; CASADO, M. A.; MIGUEL, J. M. de; MONTALVO, J. [ed.]. *Diversidad biológica*. Madrid: Fundación Ramón Areces, p. 105-112.
- (1993). «Biotic diversity and energy flow. Forcing from man and nature». A: DEVOS, P.; RAMMELOO, J.; VERSTRAETEN, Ch. [ed.]. *Proceedings of the Symposium on «Biological Indicators of Global Change» (Brussels, 7-9 May 1992)*. Royal Academy of Overseas Sciences, p. 9-15.
- (1994a). «Diversity and Biodiversity. Their possible meaning in relation for the wish for sustainable development». *An. Acad. Bras. Ci.*, núm. 66, supl. 1, p. 3-14.
- (1994b). «La distribució i la diversitat del fitoplàncton». *La biosfera*. Vol. 10: *Litorals i oceans*. Barcelona: Fundació Enciclopèdia Catalana, p. 64-67.
- (1995). «La ecología, entre la vida real y la física teórica». *Investigación y Ciencia*, núm. 225, p. 66-73.
- (1997). *Our Biosphere*. Oldendorf/Luhe: Ecology Institute Ed. 176 p.
- (1999). «The play diversity/biodiversity in the construction of the biosphere, as exemplified in the Mediterranean phytoplankton and as an expression of the operation of very general principles». *Journal of Mediterranean Ecology* [Leiden: Backhuys Publishers], núm. 1, p. 3-10.
- MARGALEF, R.; GUTIÉRREZ, E. (1983). «How to introduce connectance in the frame of an expression for diversity». *The American Naturalist*, núm. 121, p. 601-607.
- MARRASÉ, C. (1981). *El concepto de diversidad en sistemas de diferente naturaleza: analogías entre sistemas mecánicos y ecosistemas*. Universitat de Barcelona. 70 p. [Memòria de llicenciatura]
- PETERS, R. H. (1991). *A critique for ecology*. Cambridge (Gran Bretanya): Cambridge University Press.
- SIMPSON, E. H. (1949). «Measurement of diversity». *Nature*, núm. 163, p. 688.
- TILMAN, D. (1996). «Biodiversity; Population versus ecosystem stability». *Ecology*, núm. 77, p. 350-363.
- VOLTERRA, V. (1937). «Les fondements de la théorie de la lutte pour la vie. Principes de Biologia mathématique». *Acta Biotheoretica* [Leiden], núm. 3, p. 414-447.
- WILSON, E. O. (1995). *Naturalist*. Nova York: Warner Books. 380 p.

Memorial Margalef

La meva coneixença del professor Margalef és de fa molts anys, primer de referències i comentaris, i no va ser fins a uns anys més tard que el vaig conèixer personalment. Primer me'n vaig anar formant una primera imatge amb els freqüents comentaris de sobretaula que sorgien a casa, ja que Tecla Riera, la meva esposa, en acabar la carrera va entrar com a becària a l'Institut d'Investigacions Pesqueres de la Barceloneta el 1963. Així me n'havia anat formant la idea d'un professor intel·ligent, inquiet, treballador i molt bona persona, i que avui en fem memòria.

No va ser fins més tard, com he dit, l'any 1970, que amb motiu del naixement de la meva primera filla, per això ho recordo perfectament, i després amb altres trobades, vaig tenir ocasió d'anar coneixent directament un professor investigador pensador, molt especial, que sempre em sorprenia.

Per no ser reiteratiu amb els comentaris que faran altres companys d'aquest acte, centraré el meu punt de vista en disciplines que ell va anar relacionant amb la biologia, i que no ho estaven, com ara la matemàtica, la física o la tecnologia. No és gens freqüent trobar científics els treballs i les inquietuds dels quals s'estenguin més enllà de la disciplina específica que els caracteritza, en aquest cas l'ecologia, o en un sentit una mica més ampli la biologia. En el cas del professor Margalef, els seus coneixements i les seves inquietuds eren molt més amplis, i en aquest sentit crec que pot ser un exemple d'una manera de fer i de ser molt distant de l'investigador especialista i en molts casos monoespecialitzat.

Recordo que ja en unes primeres converses, anava aflorant el seu punt de vista crític sobre molts models matemàtics utilitzats per descriure algun fenomen o comportament del món biològic, per això s'havia hagut d'endinsar en

les matemàtiques o la física. Ell recordava que els sistemes vius també segueixen les lleis de la física i que sense aquests coneixements, difícilment es podia estudiar de manera completa l'ecologia. Ja molt abans de poder utilitzar la informàtica, el 1957, en el seu discurs d'entrada a l'Acadèmia, va proposar l'aplicació de la teoria de la informació en l'ecologia, treball que va tenir un gran impacte en ser traduït a l'anglès. En aquesta mateixa línia va tenir encara un més gran ressò la publicació, en el llibre *Perspectives in Ecological Theory* el 1968, d'unes conferències donades a la Universitat de Chicago, on aprofundia en l'aplicació de la teoria de la informació en l'ecologia.

Margalef introdueix primer l'índex de Sannon per definir també la mesura de la diversitat en ecologia, tal com en teoria de la informació es defineix la capacitat d'informació d'un missatge. Aquest paràmetre és funció del nombre de símbols utilitzats i de la freqüència amb què cada símbol s'utilitza en la codificació de la informació; i en els sistemes binaris, que és un cas particular, el símbol és el bit, que sols té dos estats possibles i equiprobables. Per utilitzar els mateixos conceptes en l'ecologia, Margalef va associar el nombre de símbols d'un sistema d'informació amb el nombre d'espècies d'un ecosistema, i la probabilitat o freqüència amb què s'utilitza cada símbol amb la proporció o nombre d'individus de cada espècie en l'ecosistema considerat, cosa que permet obtenir també un índex de Sannon per a cada ecosistema.

A part d'aquesta —en el seu dia, nova— proposta, em van sorprendre els seus estudis sobre la diversitat aplicada als sistemes mecànics o a circuits electrònics, com a sistemes ecològics que han sofert un procés evolutiu. En una tesina que va dirigir el 1981, va estudiar la diversitat en uns sistemes mecànics construïts amb Meccano, fets amb unes peces que el fabricant va anar introduint al catàleg fruit de la necessitat, per tant, fruit d'una certa evolució. En aquest cas, es diferencia el tipus de peces segons la seva funcionalitat i s'associa cada tipus de peça com una espècie, i cada peça com un individu. En aquesta analogia, de la mateixa manera que en un ecosistema existeix una estructura jerarquitzada, en què en els nivells més alts hi ha un nombre reduït d'individus de majors dimensions i capacitat de control, mentre que en nivells més baixos es troben nombres molt més elevats d'individus, més petits i de poca capacitat de control, en aquests models del món mecànic, tant en muntatges més simples, fets amb un nombre reduït de peces, d'entre vint a cinquanta, com en els més complexos, fets amb un nombre molt més gran de peces, d'entre mil a dues mil, es constata que igualment les peces poden agrupar-se jeràrquicament. En el nivell més alt es troben unes poques peces més grans i amb més capacitat de control, mentre que en un nivell més baix hi ha un nombre més gran de peces, de mides molt més petites i amb funcions més auxiliars dins el sistema. El resultat d'aquest treball és constatar que els índexs de Sannon en aquests sistemes mecànics es mouen entre 3 i 5, igual que molts sistemes naturals, fet que avala aquestes analogies.

I en una nova tesina, el mateix any, s'estudien les interconnexions entre els diferents components en diferents circuits electrònics, com a analogia de les relacions entre espècies i individus d'un ecosistema, amb vista a estudiar l'estructura dinàmica i la seva organització. A fi d'estudiar i comparar quantitativament la connectivitat que es dona en circuits electrònics de diferents complexitats, com a equivalent a sistemes ecològics amb diferents nivells d'evolució, Margalef va proposar un nou índex, com a suma ponderada de totes les interconnexions d'un circuit, i normalitzada amb la suma quadràtica de la freqüència de cada component en el circuit. Aquest índex li permeté fer moltes consideracions, per exemple, poder comparar diferents sistemes ecològics, com ara els de rius, bancs de coralls o de les selves amazòniques, amb altres sistemes, com ara alguns sistemes mecànics o electrònics, i observà que el producte del nombre de peces per la connectivitat mitjana obtinguda en els diferents sistemes observats no s'aparta dels obtinguts en sistemes naturals. Això li permeté fer interessants consideracions i poder expressar en el camp de l'ecologia amb paràmetres quantitatius les relacions entre individus i espècies, i definir criteris d'estabilitat i, per exemple, considerar paràmetres sobre nombre de paràsits i d'hostes o nombre de depredadors i de preses. I a mi, per analogia inversa, em va portar a considerar en electrònica un component actiu com a depredador de components passius, o determinats components passius com a paràsits d'altres components jeràrquicament a un nivell més alt. Totes aquestes qüestions, que tant excitaven especialment el doctor Margalef, ens obrien punts de reflexió i de treball en què, pels motius que siguin, vam coincidir amb ell.

En aquest aspecte voldria posar un exemple que he viscut personalment. De la mateixa manera que la necessitat de fer observacions de microorganismes —i com que no disposava dels mitjans necessaris— el va portar el 1940 que ell mateix es construís el seu primer microscopi, amb lents comprades als encants, o anys després es construï un espectrofotòmetre, el 1991, com que volia igualment augmentar la seva capacitat d'observació directa de determinats ecosistemes subaquàtics, ens va proposar desenvolupar al nostre departament de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) un robot submarí: ell necessitava poder realitzar molt més llargues observacions que no podien ser realitzades mitjançant bussejadors i poder fer observacions i recollida de materials més enllà del que havia pogut fer fins aleshores. Tot i que no tenia la més mínima experiència en aquest tipus de robòtica, ens va motivar i engrescar suficientment perquè féssim una proposta a la Comissió Interministerial de la Ciència i la Tecnologia (CICYT) d'un projecte de robot de baix cost, per poder ser utilitzat pels biòlegs, i que pogués realitzar les funcions d'observació i recollida de mostres que ens va sol·licitar. En el disseny del prototip, el doctor Margalef va participar-hi personalment i activament, i aquest prototip, el Garbí, va fer les primeres proves de navegació en immersió al mar el

març del 1995. El 1996 aquest prototip va ser operatiu per poder realitzar certes missions, i ens va proposar obtenir unes mostres de sediments d'un profund llac dels Pirineus que molt li interessaven. Els problemes van sorgir del transport: al llac no s'hi arribava amb cotxe i es necessitava un helicòpter per al seu trasllat. El dia escollit per al treball el mal temps va frustrar aquesta operació, i l'arribada de l'hivern va fer posposar aquest assaig, la preparació del qual havia costat considerablement. Molt ho vaig lamentar, perquè de la mateixa manera que en els seus ulls es podia llegir un entusiasme contagiós i l'interès per tot aquest tipus de tecnologies i noves possibilitats, també s'hi reflectien les decepcions. Després, per la seva avançada edat, va fer que aquella iniciativa ja no es realitzés, però actualment el projecte del robot submarí del departament, fruit de la seva iniciativa, continua actiu, i centrem ara la recerca a poder augmentar les capacitats dels dos braços teleoperats de què disposa el Garbí.

Espero que en homenatge al doctor Margalef, en el futur es puguin fer altres equips basats en aquest prototip, que puguin ser utilitzables per a l'estudi de la biologia submarina i subaquàtica, i permetin poder fer més observació en directe i al natural, tal com ell sempre desitjava. De vegades m'havia expressat la seva preocupació per la creixent substitució de l'observació en viu i en directe per imatges digitals i, fins i tot, virtuals, que poden ser obtingudes per Internet.

Amb aquestes notes, he volgut deixar aquí constància dels amplis punts de mires d'un investigador que ja he definit com a intel·ligent, inquiet, treballador i molt bona persona, per això en guardo tan bon record, i que tal com ja han deixat constància aquí els que m'han precedit, amb el seu nivell científic ha contribuït molt a prestigiar internacionalment el nostre país.

JOSEP AMAT I GIRBAU
Membre de la Secció de Ciències i Tecnologia
Membre de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona
Catedràtic d'Arquitectura i Tecnologia de Computadors
de la Universitat Politècnica de Catalunya

Ramon Margalef i els estudis d'ecologia terrestre

[...] recomano als biòlegs que, sense oblidar mai el nivell molecular, vagin de tant en tant a donar-se cops de cap al tronc d'un arbre i li demanin que els inspire per tal de poder entendre millor el que passa al món.

RAMON MARGALEF

Tot just ara, el 2004, fa trenta anys que vaig conèixer Margalef. Va ser cap al 1974, quan vaig assistir al seu curs d'ecologia de la llicenciatura de biologia a la Universitat de Barcelona. Tornant la vista enrere, m'adono que fa trenta anys no existia, entre nosaltres, una veritable ecologia dels sistemes terrestres o, si més no, una ecologia que s'interessés pels aspectes funcionals i les regularitats estructurals dels ecosistemes terrestres.

Molt probablement, els primers estudis amb aquest enfocament s'han d'anar a buscar, com el mateix Jaume Terradas ens ha fet recordar en un article recent, en el projecte *Cicles biogeoquímics en ecosistemes terrestres mesurats en conques de petita extensió*, que, amb el finançament de la National Science Foundation dels Estats Units, ens va permetre a un grup d'estudiants acabats de llicenciar començar els estudis funcionals dels ecosistemes terrestres sota la direcció dels doctors Jaume Terradas i Antoni Escarré. Margalef, veritable artífex d'aquest projecte, junt amb el seu amic H. Bor-man, per la part americana, van dirigir inicialment el projecte com a investigadors principals.

Aquests inicis, més enllà de l'anècdota, donen una idea de la generositat amb la qual Margalef va impulsar-los, que van donar lloc a un bon nombre de tesis i treballs duts a terme tant al Montseny com a les muntanyes de Prades. Margalef va dedicar esforç i temps com a investigador principal fins que el projecte, un cop concedit, va iniciar els treballs de camp i, un cop fet el rodatge, li va passar la direcció a Jaume Terradas.

La capacitat de Margalef de mirar-se el món amb uns ulls diferents resulta sorprenent i aquesta mirada diferent anava acompanyada d'una intuïció extraordinària. Alguns dels ecòlegs terrestres vam començar mesurant biomassa d'arbres en freqüents campanyes de camp. Em ve al cap una petita anècdota viscuda en el decurs d'aquests treballs. Un dia, Margalef, passant pel nostre costat, va veure les equacions al·lomètriques que havíem ajustat a les dades d'una pineda de pi roig. Recordo nítidament que teníem dues equacions al paper, l'una que relacionava el diàmetre del tronc amb la biomassa dels arbres, l'altra que relacionava el diàmetre amb la biomassa de les branques. En veure els coeficients al·lomètrics, Margalef va dir «[...] això són les dimensions fractals de l'arbre. Hauríeu de trobar les relacions entre els dos exponents. No poden ser independents». Aquell comentari va desencadenar un seguit de discussions i anàlisis que es van perllongar durant dies i dies i que, finalment, van donar els seus fruits alguns anys més tard a l'hora de dissenyar el mostreig de camp de l'*Inventari ecològic i forestal de Catalunya* que ens havia estat encomanat pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya. Un mostreig extensiu que va suposar la visita i presa de mostres de prop d'onze mil parcel·les de camp i que va ser possible, en part, per l'aplicació de les regularitats estructurals entre diferents parts de l'arbre que es van poder constatar explorant l'estructura fractal de l'arbre proposada per Margalef.

Si algun aspecte de les plantes fascinava Margalef era la fusta dels arbres. Els arbres representen un mecanisme modelic de l'enginyeria natural. Són grans, ocupen i controlen l'espai, amb les seves arrels exploren el sòl i poden captar aigua i nutrients, que no resulten assequibles per a altres plantes, i amb les seves capçades elevades eviten l'ombra d'altres plantes, amb la qual cosa s'asseguren la radiació solar que necessiten per a la fotosíntesi. Ara bé, la capacitat fotosintètica de les plantes és molt gran. En absència de factors limitants, la capacitat reductora de la fotosíntesi és molt més elevada que el que observem normalment a la natura. La relació entre el nombre de mil·ligrams de carboni assimilat per hora i la concentració de clorofil·la, en absència de factors limitants, tendeix a 5. A la capçada dels boscos mediterranis, amb un índex foliar al voltant de 2 —i sovint més baix— i amb una concentració de clorofil·la activa de $500 \text{ mg Chl} \cdot \text{m}^{-2}$ de fulla, trobem un gram de clorofil·la per metre quadrat de sòl, cosa que ens permet estimar una assimilació potencial de:

$$1\text{gdeChl}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 5\text{gdeC}\cdot\text{g}^{-1}\text{deChl}\cdot\text{h}^{-1}\cdot 10\text{hdellum}\cdot\text{dia}^{-1} = 50\text{gdeC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1},$$

encara que l'assimilació realment observada no va més enllà dels 3-5 g de C·m⁻²·dia⁻¹. És a dir, en el millor dels casos la producció bruta no acostuma a anar mes enllà del 10 % del que pot arribar a fixar potencialment. Una bona part de les limitacions s'han de buscar en el paper dels nutrients.

Evidentment, la síntesi de matèria orgànica a partir de la fotosíntesi requereix l'aportació de nutrients i són aquests, especialment el nitrogen, i, molt particularment, el fòsfor, els que, sovint, resulten limitants per a la síntesi de nova matèria orgànica. La fusta és un gran invent de la natura, atès que, sintetitzada amb molt poc fòsfor, representa una manera d'aprofitar la capacitat reductora de la fotosíntesi formant un material de sosteniment que no requereix fòsfor, i que ha donat a les plantes superiors avantatges competitius molt importants.

Les taules 1 i 2 recullen dades de la concentració de nitrogen i fòsfor a la fusta, a l'escorça i a les fulles de les espècies forestals més importants que trobem a Catalunya. Les dades resulten prou eloqüents. La fusta, de molt el teixit més abundant dels arbres, es produeix amb molt poc nitrogen i fòsfor.

TAULA 1

Concentració (mitjana i desviació estàndard, g/100 g) de nitrogen a la fusta, l'escorça i les fulles de les principals espècies forestals presents a Catalunya mesurades a les parcel·les de l'Inventari ecològic i forestal de Catalunya

Espècie	Fusta		Escorça		Fulles		Nre.
	Mitjana g/100 g	± Des- viació	Mitjana g/100 g	± Des- viació	Mitjana g/100 g	± Des- viació	
<i>Pinus halepensis</i>	0,1188	0,0575	0,2863	0,0772	1,2192	0,2027	183
<i>Pinus nigra</i>	0,1105	0,0419	0,3313	0,1148	1,0148	0,1361	161
<i>Pinus pinaster</i>	0,0894	0,0523	0,1650	0,0588	1,0163	0,2232	21
<i>Pinus pinea</i>	0,0876	0,0361	0,1622	0,0623	1,1546	0,2292	39
<i>Pinus sylvestris</i>	0,0929	0,0382	0,2865	0,1127	1,2332	0,1987	236
<i>Pinus uncinata</i>	0,0766	0,0233	0,2277	0,0662	1,0649	0,1398	25
<i>Fagus sylvatica</i>	0,1337	0,0481	0,5309	0,1137	2,3887	0,5715	43
<i>Quercus humilis</i>	0,1574	0,0647	0,5308	0,1252	1,8661	0,6964	57
<i>Quercus ilex</i>	0,1839	0,0547	0,6119	0,1329	1,4607	0,2695	231
<i>Quercus petraea</i>	0,1385	0,0354	0,4998	0,1107	1,9873	0,6286	14
<i>Quercus suber</i>	0,2766	0,0963	0,5424	0,1327	1,6035	0,1998	67

TAULA 2

Concentració (mitjana i desviació estàndard, g/100 g) de fòsfor a la fusta, l'escorça i les fulles de les principals espècies forestals presents a Catalunya mesurades a les parcel·les de l'Inventari ecològic i forestal de Catalunya

Espècie	Fusta		Escorça		Fulles	
	Mitjana g/100 g	± Des- viació	Mitjana g/100 g	± Des- viació	Mitjana g/100 g	± Des- viació
<i>Pinus halepensis</i>	0,0047	0,0028	0,0071	0,0047	0,0747	0,0205
<i>Pinus nigra</i>	0,0048	0,0016	0,0068	0,0029	0,0746	0,0147
<i>Pinus pinaster</i>	0,0098	0,0141	0,0074	0,0063	0,0728	0,0382
<i>Pinus pinea</i>	0,0074	0,0084	0,0205	0,0121	0,0768	0,0285
<i>Pinus sylvestris</i>	0,0045	0,0022	0,0078	0,0044	0,0959	0,0223
<i>Pinus uncinata</i>	0,0033	0,0013	0,0084	0,0104	0,0882	0,0182
<i>Fagus sylvatica</i>	0,0098	0,0064	0,0255	0,0085	0,1480	0,0655
<i>Quercus humilis</i>	0,0109	0,0098	0,0175	0,0056	0,1224	0,0681
<i>Quercus ilex</i>	0,0265	0,0228	0,0242	0,0057	0,0851	0,0239
<i>Quercus petraea</i>	0,0070	0,0022	0,0205	0,0103	0,1831	0,0597
<i>Quercus suber</i>	0,0491	0,0445	0,0223	0,0110	0,1210	0,0447

Va suposar un gran pas evolutiu, ja que confereix a les plantes superiors avantatges competitius molt importants. Representa una manera d'obtenir un cert profit del potencial reductor de la fotosíntesi, que no es pot utilitzar per sintetitzar altres teixits funcionals precisament per les limitacions de nitrogen i, sobretot, de fòsfor. Amb aquesta perspectiva, la fusta representa una mena de subproducte «útil» de la fotosíntesi. En les condicions ambientals de Catalunya, molts boscos de coníferes i altres perennifolis inverteixen en la producció de fusta una part aproximadament equivalent a la que inverteixen en la producció de les fulles que han de renovar cada any.

Margalef ens va ensenyar a mirar la fusta amb uns ulls diferents dels tradicionals. La fascinació d'aquest material no acaba en les seves propietats químiques. Estructuralment és un material del qual encara avui desconeixem alguns aspectes. El problema de l'àrea conductora és un problema molt simple de solució molt complexa. A les nostres latituds, i en general allà on la precipitació anual és inferior a l'evapotranspiració potencial o, en altres paraules, sempre que l'aigua és un factor més o menys limitant, observem que l'àrea d'albeca, és a dir, la secció transversal de fusta que transporta l'aigua a través del tronc, és aproximadament constant. Quan els boscos no han estat tallats, o la seva estructura alterada recentment, tendeixen a uns valors d'àrea basal que difereixen relativament poc entre espècies. Tampoc varien substancialment sigui quina sigui l'estructura de la població d'arbres. Una població formada ja sigui per pocs arbres grans o molts arbres petits pot tenir la

mateixa àrea transportadora. I això planteja alguns problemes que avui encara no sabem explicar. D'acord amb les condicions hídriques externes podem preveure, amb un cert grau d'aproximació, la superfície transportadora de la comunitat, ara bé, com aquesta superfície total es distribueix entre els diferents arbres és un problema complex de difícil solució, ja que depèn de la densitat d'arbres, de la distribució de mides d'aquests arbres i de la història de la població, és a dir, dels moments en què s'han produït les entrades o sortides dels individus de la població. El resultat és que una variable tan important des del punt de vista funcional i estructural resulta poc menys que impossible de predir a escala d'arbre individual, malgrat que aquesta predicció té el seu interès en el càlcul dels balanços hídrics o del cost respiratori dels arbres individuals.

Un grau més de complexitat deriva del fet que la conductivitat hidràulica de la fusta varia considerablement. Òbviament varia entre espècies i, per una mateixa espècie, varia segons la mida de les traqueïdes o dels vasos conductors, que, en bona part, està regulada per la disponibilitat hídrica de la planta. És a dir, en condicions de més disponibilitat hídrica, l'arbre produeix cèl·lules amb més llum, mentre que en condicions de més sequera, les parets cel·lulars resulten mes engrossides i produeixen traqueïdes de menys llum. Atès que la capacitat de transport és proporcional a la quarta potència del radi de la llum de la traqueïda, aquest fet marca diferències notables en la capacitat conductora de la planta.

La figura 1 representa un intent de sistematitzar, en la mesura que resulta possible, algunes de les regularitats observades a la fusta de les pinedes de diferents espècies presents a Catalunya.

«Existeixen algunes propietats dels arbres que han estat poc estudiades i que, per tant, ens resulten poc conegudes. Una d'aquestes propietats és, sense cap mena de dubte, el seu sentit de l'humor.» Aquesta frase, o una de molt semblant, se'm va acudir de llançar-la en una reunió informal i molt distesa, a la qual assistia Margalef. Va ser en una «sessió dels dijous», com anomenàvem col·loquialment els seminaris que tenien lloc regularment amb els col·legues del Departament d'Ecologia. Aquesta frase, tan poc acadèmica, només tenia la pretensió de provocar i captar l'atenció dels assistents i fer d'introducció a un exercici certament més humorístic que científic que es resumeix a la taula 3, una versió incipient de la qual vaig presentar en aquell seminari.

Apello a la comprensió i benevolència del lector per tal que no faci un judici massa sever d'un exercici quasi cabalístic, el mèrit del qual consisteix a triar les unitats adequades per representar cadascuna de les variables i acceptar un valor dins d'un rang més o menys ampli que, normalment, s'observa a la naturalesa. El resultat té una certa gràcia, si més no, com a regla mnemotècnica per tal de recordar valors que resulten molt útils a l'hora de fer raona-

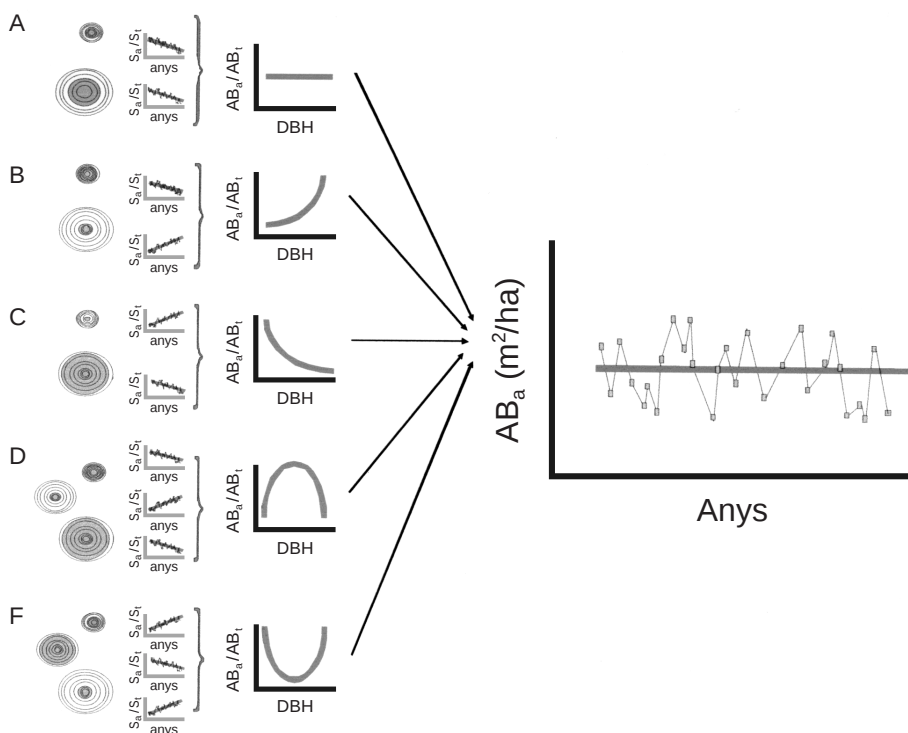


FIGURA 1. La secció transversal d'albeca d'una massa forestal, mesurada a 1,30 m del terra, o l'àrea basal d'albeca, és aproximadament constant per a cada espècie, donades unes condicions ambientals determinades. Malgrat aquesta constància de l'àrea d'albeca de la població, la distribució d'aquesta àrea entre els diferents individus de la població pot ser molt diferent. La figura il·lustra cinc models alternatius i sovint presents als boscos de Catalunya. En el model A, l'àrea d'albeca segueix el mateix patró a tots els arbres: la seva proporció relativa va disminuint a mesura que augmenta l'àrea basal dels individus. L'increment de l'àrea es fa a costa dels individus que moren o són talats. És la distribució pròpia dels boscos regulars. Al model B, els arbres dominants incrementen l'àrea relativa d'albeca a mesura que creixen, mentre que als suprimits aquesta àrea relativa va disminuint. És la situació pròpia de boscos amb elevada densitat i competència intensa. El model C es caracteritza per una disminució progressiva de la secció relativa d'albeca als arbres més grans, mentre que n'hi ha un augment als arbres més petits. Aquest model és propi de masses envellides en les quals els arbres més grans són poc vigorosos. Al model D, tant els arbres més grans com els més petits van reduint progressivament l'àrea relativa d'albeca, mentre que aquesta augmenta als arbres de mida mitjana. Al model E, són els arbres mitjans els que redueixen la seva àrea relativa d'albeca, mentre que els més petits i més grans l'augmenten. Aquests dos models es troben a boscos on es practica l'aclarida selectiva i depenen fonamentalment de la història a què ha estat sotmesa la massa forestal.

TAULA 3

Els valors d'algunes variables fisiològiques o estructurals dels arbres presenten un rang més o menys ampli al voltant d'un valor de 5 per a una potència de 10 si es trien convenientment les unitats en les quals s'expressen

Aprofitament màxim de l'energia en la fotosíntesi (tant per cent)	5
Carboni fixat per unitat de clorofil·la (mg C·mg ⁻¹ Chl·hora ⁻¹) (en condicions òptimes i en absència de factors limitants)	5.000
Quantitat de clorofil·la per unitat de superfície foliar (mg Chl·m ⁻² de fulla)	500
Producció neta g C·m ⁻² ·any ⁻¹	500
Respiració de manteniment dels teixits (cal·g ⁻¹ ·dia ⁻¹)	50
Eficiència en l'ús de l'aigua (m mols C·mol ⁻¹ H ₂ O)	5
Equivalent energètic de la M. O. (kcal·g ⁻¹ M. O.)	5
Fòsfor foliar / fòsfor emmagatzemat a la biomassa aèria (g·g ⁻¹)	0,5
Carboni contingut a la biomassa (g·g ⁻¹)	0,5
Taxa de renovació foliar dels perennifolis (P/B) any ⁻¹	0,5
Respiració de la biomassa foliar / respiració de la biomassa aèria (respiració total: formació + manteniment)	0,5
Respiració heterotròfica / respiració del sòl (inclou respiració de les arrels)	0,5
Carboni a la biomassa aèria / carboni a la biomassa total	0,5
Carboni a la biomassa (aèria + subterrània) / carboni total del sistema	0,5
Pes sec / pes fresc de les fulles (g·g ⁻¹)	0,5
Pendent (β) de la llei d'autoaclariada (DBH = k·N ^{β})	-0,5

M. O.: matèria orgànica; P/B: producció/biomassa.

ments quantitatius dels sistemes forestals. Faig esment d'aquesta anècdota perquè conservo un record entranyable de les bromes dels companys del Departament i un comentari no menys humorístic de Margalef sobre els misteris de les plantes. Encara ara m'agrada mostrar aquesta taula als estudiants com a eina de provocació i amb una invitació a desenvolupar el seu sentit crític, ja que només cal que l'eficiència en l'ús de l'aigua, posem per cas, s'expressi en mil·ligrams de carboni fixats per gram d'aigua transpirada perquè el seu valor es transformi en poc més de 3, i trenqui d'aquesta manera la regularitat de la taula. Demano excuses al lector per aquesta digressió, que evoca els

meus records més entranyables dels anys viscuts al Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona.

Al voltant de l'estructura de la fusta, un problema recurrent es va produir en l'última, o una de les últimes converses que vaig mantenir amb Margalef. Va ser tot just tornant d'un viatge a Amèrica del Sud on havíem mostrejat la fusta d'un arbre extraordinari que allà es coneix amb el nom de *algarrobo* (garrofer), *Prosopis pallida*. Hi ha constància que els individus de *Prosopis* poden créixer en llocs en els quals les seves arrels poden captar aigües profundes, de fins a diverses desenes de metres de fondària. La nostra exploració dendrocronològica va posar de manifest que la regeneració de l'espècie té lloc principalment —si no exclusivament— durant els episodis del Niño.

Els arbres adults poden créixer en ambients en els quals la precipitació mitjana dels anys en què no es produeix el fenomen del Niño no supera els 30 ml anuals, com és el cas de la regió de Piura al nord del Perú, mentre que durant els episodis del Niño sobreviuen a precipitacions que arriben a superar els 2.000 ml anuals. En aquests ambients, extremadament àrids, els arbres adults representen illes de vegetació en les quals llangardaixos i altres herbívors obtenen la major part del seu aliment. La supervivència dels adults sota aquestes condicions extremes de pressió suggereix que la fotosíntesi i la respiració d'aquests arbres ha d'estar dimensionada per tal que la producció primària neta resultant permeti la formació de fulles suficients per compensar les elevades taxes de consum dels herbívors. Naturalment, l'intercanvi de gasos a les fulles exigeix que la planta adulta disposi d'aigua suficient per mantenir les taxes de transpiració que garanteixin la fixació de CO_2 necessària per mantenir les taxes de producció (figura 2).

En ambients àrids en els quals la precipitació anual és molt escassa durant uns quants anys seguits, aquestes taxes de transpiració només es poden assegurar mitjançant l'accés del sistema radical als nivells freàtics. Ara bé, aquest fet planteja unes altres dificultats. La instal·lació de noves plàntules després de la germinació de les llavors només resulta possible en condicions en les quals la disponibilitat hídrica permeti garantir el creixement del sistema radical fins a arribar al nivell freàtic, abans que es produeixin els episodis de sequera severa.

En aquests ambients resulta fàcil d'imaginar que els episodis del Niño es produeixen amb una certa regularitat, en els quals és possible que les llavors, un cop germinades, disposin de temps suficient per formar un sistema radical profund abans que l'ambient es torni tan àrid per suposar un risc important per a la supervivència de la plàntula. Comprovacions dendrocronològiques ens han confirmat que la major part dels arbres adults mostrejats en ambients àrids tant al nord del Perú (Piura) com al sud (Nazca) es van instal·lar durant episodis del Niño. Ara bé, aquesta confirmació planteja noves qüestions d'interès ecològic: un cop que comencem a comprendre que els



FIGURA 2. Exemplar adult de garrofer (*Prosopis pallida*) fotografiat al campus de la Universitat de Piura. Observeu el port de la capçada, malgrat que està sotmesa a una intensa defoliació per part de la molt abundant població d'herbívors.

adults utilitzen l'aigua freàtica per sobreviure, hem de suposar que el sistema de transport de l'aigua a través del xilema ha d'estar format per traqueïdes de petit diàmetre que ajudin a superar els elevats potencials hídrics als quals ha de fer front la planta sense trencar la columna d'aigua que puja de les arrels a les fulles, la qual cosa, si s'arribés a produir, provocaria un embolisme amb conseqüències fatals.

Donada aquesta premissa, la pregunta que es planteja és: Com aconseguen els arbres adults d'una espècie com *Prosopis pallida* viure en condicions tan extremes com les que es donen durant els episodis del Niño? O, en altres paraules: com es poden compatibilitzar les adaptacions a ambdós extrems —àrid i perhumit— de disponibilitat hídrica?

La resposta, un cop més, s'ha de buscar en l'estructura de la fusta, que resulta particularment interessant en aquesta espècie. Les figures 3 i 4 resumei-

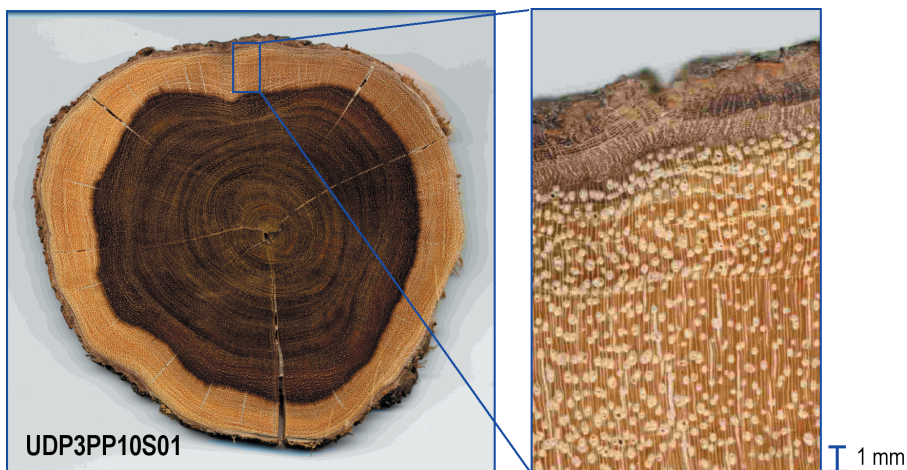


FIGURA 3. Secció transversal de la fusta d'un exemplar de *Prosopis pallida* de dinou anys mostrejat al campus de la Universitat de Piura. A la fotografia de l'esquerra s'aprecia que l'albeca, la part activa en el transport d'aigua a través del tronc, es redueix a uns pocs anys, generalment menys de deu. A l'ampliació de la dreta es pot apreciar la complexa estructura del teixit xilemàtic amb abundants radis medul·lars i els vasos conductors —punts més clars— distribuïts al llarg de tota la secció de l'anell. Vegeu la figura 4 per a una interpretació de l'estructura del xilema.

xen els trets més interessants d'aquesta estructura. El sistema conductor està format per dos tipus de cèl·lules conductores. Les traqueïdes, de petit diàmetre, de gran eficàcia en el transport d'aigua en condicions àrides, en les quals la columna d'aigua es veu sotmesa a valors molt elevats de potencial hídric, i els vasos, estructures de diàmetre molt més gran, ineficaços per transportar l'aigua en aquestes condicions, encara que són molt eficaços per transportar aigua en condicions d'elevada disponibilitat hídrica com les que es donen durant els episodis del Niño. Atès que els vasos corren un greu risc de cavitació durant els períodes secs, el correcte manteniment de la capacitat de transport de l'arbre exigeix que l'albeca es renovi ràpidament, fet que imposa un llindar mínim de producció de nova fusta per sota del qual els arbres no poden sobreviure.

Si es confirmés aquesta hipòtesi, s'explicaria la vida mitjana de l'albeca que hem observat i que és molt baixa —menys de deu anys— donades les condicions predominantment àrides d'aquesta espècie.

L'atzar ha volgut que aquesta última conversa sobre temes d'ecologia terrestre es produís al voltant d'una espècie que, a Amèrica del Sud, es coneix

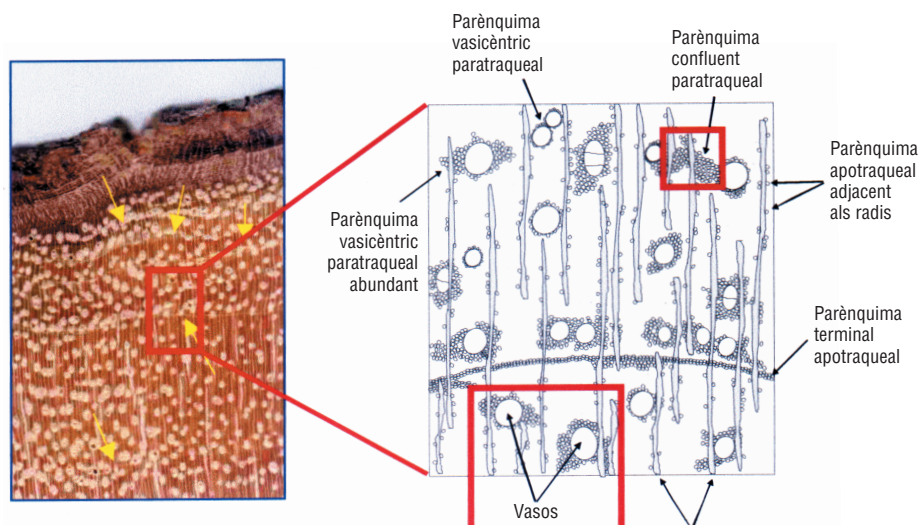


FIGURA 4. Interpretació de l'estructura del xilema de *Prosopis pallida* en la qual es pot apreciar el sistema dual de transport d'aigua. Les traqueïdes, de poc diàmetre i molt eficients en el transport d'aigua en condicions àrides, en les quals la columna d'aigua es veu sotmesa a valors molt elevats de potencial hídric, i els vasos, molt més grans, ineficaços per transportar l'aigua en aquestes condicions, encara que resulten enormement eficaços per al transport d'aigua en condicions d'elevada disponibilitat hídrica (episodis del Niño). Atès que els vasos corren un elevat risc de cavitació durant els períodes secs, el correcte manteniment de la capacitat de transport de l'arbre exigeix que l'albeca es renovi molt ràpidament, la qual cosa imposa un llindar mínim de producció de nova fusta per sota del qual els arbres no poden sobreviure, cosa que ens podria explicar perquè la vida mitjana de l'albeca observada és molt baixa —menys de deu anys— donades les condicions predominantment àrides de vida de l'espècie.

amb el nom de *algarrobo* (garrofer), i un garrofer (*Ceratonia siliqua*) és justament l'arbre que fa uns anys la doctora Mercè Durfort va plantar a la Facultat de Biologia en homenatge al nostre estimat professor Margalef.

CARLES A. GRÀCIA I ALONSO
Membre de la Institució Catalana d'Història Natural
Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona
Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)

**Afecte i fascinació pel professor Ramon Margalef:
el reconeixement de la ICHN, el de les darreres generacions de deixebles
i el de força treballs recents d'ecologia terrestre**

Tot i que Ramon Margalef acollia escèptic l'allau d'atencions que rebia, tot preferint la seva intimitat i la seva autonomia, les nostres institucions no poden deixar de retre-li un homenatge merescut com cap altre. De fet, quan la doctora Durfort em va demanar de participar en aquest acte, em va semblar que havia de venir per múltiples raons. Aquí només us en parlaré de tres, que a més em serviran de fil conductor en el temps per a aquesta petita dissertació sobre el nostre estimat professor Margalef, de manera que sigui complementària i el menys reiterativa possible respecte a les dels companys de taula. La primera raó és el necessari reconeixement de la institució que represento, la Institució Catalana d'Història Natural (ICHN), per la feina feta ja des dels anys difícils de la postguerra. La segona raó, segona en el temps, però primera en intensitat, és la profunda estimació i permanent fascinació que sento per la seva persona i per la seva obra, estimació i fascinació compartida a més amb tots vosaltres, amb els companys de les darreres generacions de deixebles que d'alguna manera també represento aquí. I la tercera raó és el reconeixement públic del seu ajut i inspiració en els darrers treballs d'ecologia terrestre, sí, també d'ecologia terrestre, que estem fent al nostre centre tot just aquests darrers anys i mesos.

Reconeixement i agraïment de la ICHN ja des del 1940

Si ens remuntem força dècades ençà, he d'entrar necessàriament en la primera raó que m'ha dut a aquesta taula, el reconeixement i agraïment que la ICHN vol fer palès en aquest acte.

El professor Margalef va participar activament en diverses activitats de la ICHN com a ponent en seminaris, conferències i taules rodones, i com a membre de l'equip que va preparar el *Llibre blanc de la gestió de la natura als Països Catalans*. És més, va ajudar a reprendre les activitats naturalistes de la Institució que la guerra havia interromput i va actuar de secretari i redactar les actes d'algunes sessions de la ICHN dels anys quaranta, en una època en què, tot i tenir-ho prohibit, la gent de la ICHN es reunia per parlar de ciència i per fer-ne. Ja en aquelles actes mostrava dots d'escriptor amè, culte, precís i engrescador, que després trobem en els seus treballs de recerca. I ja en aquesta època, els seus primers escrits naturalistes mostraven clarament el seu interès tant per les propietats particulars de les diferents espècies de sers vius com per la interpretació de la natura de manera global, un tret que l'ha acompanyat sempre.

Després, al llarg dels anys posteriors, l'activitat del mestre, comentada a bastament en aquesta taula, s'ha vist i apreciat des de la ICHN com la d'un dels científics més importants de Catalunya, si no el que més. I així ho manifestem en un dia com avui i en un acte com aquest. La seva obra és ingent en diversos camps, en ecologia teòrica, en limnologia, en oceanografia, en ecologia humana i en molts altres d'interrelació amb altres branques de la ciència. Els seus treballs han modificat de manera important molts d'aquests camps. S'hi ha aproximat des de la visió reduccionista fins a l'abstracció holística, i des de l'hiperrealisme naturalista fins a la generalització teòrica. És, per tant, molt difícil resumir en poques paraules les seves aportacions. Destaquen la quantificació de la informació representada per la diversitat dels ecosistemes, l'anàlisi de l'estructura espacial, del desenvolupament temporal i de la resposta a la tensió dels ecosistemes, l'ecologia comparada dels embassaments, llacs i rius, les anàlisis de les zones d'aflorament marines, l'aplicació de la termodinàmica a l'estudi de l'ecosistema, l'estudi del plàncton, l'anàlisi del paper de l'home a la biosfera, sempre dins del context ecològic general, l'estudi paleolimnològic, les observacions sobre biogeografia i evolució basades en els seus extraordinaris coneixements naturalistes... L'obra de Margalef és, de fet, un paradigma de l'aplicació interactiva de les altres ciències en ecologia. La seva obra ens recorda de manera continuada que l'ecologia com tota ciència, però potser més accentuadament que cap altra, procedeix a través de la interacció amb les altres ciències, no només les biològiques, sinó també la física, la geologia, la química, les matemàtiques, la informàtica, la demografia, les humanitats, la lingüística..., que li proporcionen eines i idees estimulants.

Per tot això va adquirir un prestigi i una influència internacional (els seus llibres estan traduïts fins i tot al japonès), va impartir cursos arreu de les més prestigioses universitats i centres del món, i obtingué premis i distincions també arreu..., encara que ell, sempre amablement irònic, ens recordava que en això dels premis també es complia el principi de sant Mateu. De la mateixa manera que els rics cada vegada es fan més rics, els guardonats són cada vegada més guardonats, més per una llei sociotermodinàmica que per acumulació de nous mèrits.

Fascinació i afecte personal i de la generació del 1980

Fàcilment es comprèn que amb comentaris com aquest darrer guanyés fàcilment la complicitat de tots aquells que com jo vam ser de les darreres generacions dels seus estudiants de doctorat. El veiem com un home genial i savi. De fet, deixeu-me proclamar una vegada més, en nom propi però també en nom dels meus companys, el nostre profund afecte i fascinació per la persona i la seva obra, despertats ja des dels primers contactes.

El professor Margalef és aquell professor que quan començàvem l'assignatura va aparèixer a l'aula, entre descuidat, trapella, savi i provocador i ens etzibà allò que tantes vegades després hem repetit: l'ecologia és tot allò que resta a la biologia quan tot el que és important ja ha rebut un nom, definició a mig camí entre l'acudit i la provocació que ens obria els ulls al caràcter de síntesi d'aquesta ciència, al mateix temps que ens sorprenia i despertava les nostres adormides consciències, acostumats com estàvem a gravar sense qüestionar les lliçons que ens impartien. Algunes de les seves classes ens podien arribar a semblar una sessió de màgia on qualsevol espurna podia despertar una insospitada relació de gran abast a la natura. Des del primer dia ens vam adonar que estàvem davant d'un professor, d'un científic diferent. El tracte posterior ens ho va confirmar.

Recordo amb especial afecte quan acabada la carrera, mig embarcat en una tesi doctoral de biologia molecular, me'l vaig trobar a les nou del vespre a la plaça Universitat, quan ell sortia de la seva classe de limnologia del dimecres, i sense voler ni adonar-me'n, aquells ulls i aquell parlar enamorats de la vida a aquest planeta i de les contínues i encisadores qüestions que aquesta planteja, em van fer replantejar la tesi en tan sols deu intensos minuts. La seducció no va ser fugissera. Al cap de dos dies, el vaig anar a esperar novament a les nou per demanar-li si volia dirigir-me la tesi. Generós com sempre, no va tenir cap inconvenient i allò va canviar la meua vida. Per recordar-ho i agrair-ho, avui sóc aquí.

Durant la tesi ens ajudava econòmicament en tot i ens aportava idees continuades, però finalment deixava que ens en sortíssim o ho deixéssim en una

actuació més de la selecció natural. Recordo també que ens recomanava prendre'ns el temps necessari per pensar i preguntar-nos sobre les coses i treure el màxim profit dels nostres resultats. I segurament per això, en aquella època en què començava a generalitzar-se l'ús de l'ordinador, ens recomanava que no ens fes perdre el nord i, per exemple, que no passéssim més temps barallant-nos amb els gràfics i les presentacions elegants que no pas pensant sobre el que representaven, amb el continent que amb el contingut.

Tant en aquells anys com posteriorment, en l'època postdoctoral i en les darreres èpoques en què esdevingué un company i un amic, vam gaudir de la seva extraordinària capacitat de treball, síntesi i interrelació amb les altres branques del saber, de la seva intuïció, dels seus amplíssims coneixements científics i humanistes, de la seva portentosa memòria, de les seves innovadores idees, dels seus originals punts de vista, de la seva sana ironia, del seu amor per la natura, per no parlar de les seves qualitats humanes. Tot plegat va crear una atmosfera creativa i lliure al seu voltant, de la qual ens hem beneficiat un bon grapat d'investigadors, professors i alumnes, i especialment tots aquells que hem gaudit de la seva direcció.

La seva particular visió del món, tan desinteressada per les mesquineses quotidianes de la vida, ens proporcionava les estones més divertides i amenes del dia. Les converses pel passadís o al seu despatx, els seus seminaris inspiraven el nostre treball i les nostres hipòtesis. En tots els temes feia brotar contínues idees i hipòtesis originals, de vegades polèmiques, sempre estimulants i mereixedores de consideració i estudi. En alguns casos no enteníem el significat profund d'algunes de les seves intuïcions. Amb el temps hem comprès millor el que ens deia o volia dir, però ens resta encara molt. No m'estranyaria gota que el pas del temps confirmés i formalitzés algunes més de les seves intuïcions.

Per cert, aquesta incomprensió de les seves idees i de la seva obra encara era més accentuada en el món social, polític i periodístic del país del qual ell de vegades criticava l'estretor de mires. Quan alguna vegada ho hem comentat amb un altre dels nostres mestres en ecologia, Jaume Terradas, aquest ens recorda les paraules de Bernard Shaw, que ho encertava bastant quan deia que «en un país estúpid, l'home genial es converteix en Déu, tots l'adoren i ningú fa el que ell aconsella». Esperem que algun dia el nostre país es pugui treure de sobre aquest adjectiu, i que justifiqui aquell optimisme juvenil que malgrat el seu escepticisme polític i social ens transmetia cada dia Margalef.

Inspiració continuada: exemples recents d'ecologia terrestre en treballs del 2004

Un dels consells que més recordo, potser perquè ens el repetia prou sovint, era que investiguéssim i penséssim amb intensitat durant la tesi i el pe-

de base carbònica, compostos fenòlics, isoprenoides... que es produeixen en augmentar la concentració de CO₂ atmosfèric sense que ho faci també el fòsfor, amb totes les importants possibles implicacions que això té en les relacions amb herbívors i descomponedors i, per tant, en la biogeoquímica planetària.

I això lliga encara amb una altra de les genials dèries de Margalef, el qual sovint ens deia que li semblava evident que l'invent de la fusta, consecutiva a la síntesi dels seus components principals, que d'una manera elemental classifiquem en els grups de les cel·luloses i de les lignines, és una conseqüència de la manca local de fòsfor i de la capacitat del sistema fotosintetitzador, que no deixa de comunicar poder reductor a la cèl·lula mentre rebi llum.

Margalef estava també capficat en l'estudi i millor comprensió dels arbres, i la seva dominància. Un arbre més elevat, amb arrels que baixin més avall, pot competir amb avantatge amb plantes de menor alçada. Els fa ombra i pot aspirar aigua de major fondària. Tot just ara se li fa cas i estem intentant estudiar els arbres des de punts de vista quelcom diferents, per exemple, el que determina l'alçada màxima d'arbres com ara les sequoïes. Ell ens va animar a fer-ho encara la darrera vegada que parlàrem a principis d'aquest any.

Margalef ens recordava que aquests productes secundaris, que aquesta fusta i altres suports, tots fruit de la capacitat reductora del sistema fotosintetitzador, tenen analogies innegables amb el fang i altres materials sense fòsfor emprats pels insectes socials o les vespes solitàries i amb els productes que utilitza la civilització humana. La fabricació de ciment entraria en aquest esquema. «Com n'és de gran l'estímul creador d'allò que ens semblen limitacions!», ens deia sovint el mestre. Evidentment, els humans excel·lim en aquesta estratègia, i la sabem aplicar amb tant d'èxit que s'ha convertit en un factor molt important de competició fins i tot dintre mateix de l'espècie humana, en aquests moments embarcada en l'ús exponencial del poder reductor emmagatzemat en combustibles fòssils.

Per acabar amb aquests exemples de treballs recents d'ecologia terrestre, darrerament s'interessava especialment per un assumpte que adquirirà cada vegada més importància, la topologia dinàmica del paisatge, la transformació del territori català en particular i del planetari en general, que abans era relativament natural, poc transitat i esquitxat d'uns pocs nuclis habitats, i ara és farcit d'habitaclles humans i vies per on transiten vehicles i informació i on la nostra espècie deixa menys espai per a la natura perquè sobrevisqui..., la tra-vessem, la trossegem, la malmetem... El professor s'hi interessava com un avançat més al seu temps, tot mesclant en el tema el seu amor per l'objecte d'estudi, la natura i el seu interès intel·lectual per les interconnexions d'aquest fenomen.

Margalef, un savi, una gran persona

Margalef era un geni, un autèntic savi. De ben segur que la seva ingent obra i el seu pensament seran apreciats encara més amb el temps, a menys que s'accentuï aquest menysteniment del passat que caracteritza la nostra societat actual. Posats a ser contingents, si Margalef no hagués treballat en recerca i docència, si no hagués escrit una línia, el país, el món, serien més pobres. Però Margalef era, com es fa palès en aquestes línies, també una gran persona, d'una humanitat i senzillesa excepcionals, i per això te la nostra estimació, de la qual aquest acte dóna fe. Aquí no em resta més que acabar amb un parell dels molts i savis consells que ens donava als ecòlegs terrestres, el primer, i a tota la comunitat científica, el segon.

Per als ecòlegs terrestres: que, sense oblidar mai el nivell molecular, anem, de tant en tant, a donar cops amb el front al tronc d'un arbre i li demanem que ens inspire per entendre millor el que passa en el món. Per a la comunitat científica en general: que mirem la natura i el nostre món amb ulls d'infant, inquisitius, escrutadors, que no donin per fet res i que ho qüestionin tot, i no només per millorar la nostra recerca i el nostre coneixement, sinó perquè no-més jugant som feliços...; la recerca ha de ser un joc... Juguem-hi, doncs! És el millor homenatge que li podem fer.

JOSEP PEÑUELAS I REIXACH

President de la Institució Catalana d'Història Natural
Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)

Ramon Margalef: pensar amb les mans

Introducció

Totes les persones que tenim l'honor d'haver estat invitades a participar en aquest homenatge a Ramon Margalef figurem al programa en la nostra compartida condició de membres de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) o d'alguna de les seves filials, o bé de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (RACAB). És lògic que així sigui, car són l'IEC i la RACAB les institucions que organitzen la sessió. Però aquesta compartida condició no comporta que les nostres activitats tinguin característiques equivalents, ni que es desenvolupin en instàncies comparables, tanmateix. La meua veu, en concret, és la d'un professional en exercici, no pas la d'un professor universitari. I és des d'aquesta posició, distinta de la dels altres interventors, que em referiré a Ramon Margalef i a la seva obra.

És una posició encara poc corrent entre nosaltres. La majoria d'ecòlegs són investigadors o professors d'altres ecòlegs, situació només habitual entre les disciplines més lligades a la generació de coneixement que a la gestió transformadora de la realitat. En aquest sentit, em sento membre d'un petit grup pioner, sorgit de l'igualment reduït grup dels conreadors de l'ecologia, prou pioner també. I semblantment, per això mateix, em considero coportador, en el marc d'aquest àmbit minoritari, dels valors establerts i observats per Ramon Margalef. La meua petita contribució, doncs, té el modest valor afegit de la seva doble singularitat. Sé que Margalef es complaïa a veure els progressos d'aquesta naixent branca del tronc que ell tant contribuï a enrobustir i per això m'honora representar-la avui aquí.

Pensar amb les mans

«Nihil est in intellectus quod prius non fuerit in sensu». És una màxima escolàstica. És curiós que els escolàstics, tan proclius al raonament especulatiu, proclamessin sense reserves la importància dels sentits com a interfície d'accés al coneixement. Res no pot plaure més els seguidors del mètode científic que aquesta afirmació feta per un corrent tan poc científista. En efecte, la ciència es basa en l'experiment, és a dir, en la percepció sensorial de coses que tenen lloc més enllà de l'intel·lecte del científic. La ciència no passa en el cap del científic, bé que s'hi processa. La ciència arrenca dels sentits. Per aquesta raó la ciència els necessita per poder pensar; i les ciències dites naturals necessiten sobretot les mans.

Margalef pensava, amb tot rigor, a partir de les seves mans. Per això respon tan ajustadament al model d'home de ciència. La captura del material experimental i l'auscultació del fenomen són manipulacions en el més pristi sentit del terme. Margalef excel·lí en aquesta habilitat, fins al punt que les seves celebrades destreses constitueixen un component quasi tòpic de la seva biografia. El famós microscopi que construí de jovenet o els artefactes que posava a punt per dur a terme determinats experiments són expressions d'aquesta seva capacitat manipuladora.

Serrar un tauló pot ser una experiència amb caràcter d'experiment. La textura al tacte, la resistència a la serra, l'escalfor després, la flaire de la fusta tallada, el comportament de vetes i grops, el vinclament del llistó separat, la flexibilitat dels encenalls o el besllum que els travessa són una prodigiosa font d'informació. Fent de fuster ocasional, l'ecòleg comença a aprendre coses sobre el bosc. Margalef ho sabia perquè tenia la vista als dits. Traficava amb objectes i aparells, aprenia de les coses que tocava.

Me'n vaig adonar així que el vaig conèixer. Em vaig sentir estimulat a aprofundir aquesta percepció tàtil, a sentir la fredor de la roca, la tebior de la fusta, l'aspror de l'escorça i a treure'n conclusions. Per entendre la natura, cal saber tocar-la, imprecnir-se'n. Margalef hi excellia.

Prestigiar l'ecologia

Margalef fou un naturalista en el més gran i millor dels sentits. A partir d'una observació minuciosa i intel·ligentment intencionada, arribà a comprendre coses que molts altres havien vist sense copsar-ne la transcendència. Aplicà a l'epistemologia naturalista de tota la vida les emergents eines de la teoria de sistemes i de la teoria de la informació, cosa que comportà un gir quasi copernicà de l'aproximació ecològica. Fou un pensador de la ciència, no pas un mer artesà de la tecnologia científica. Però sempre pensà des de la praxi,

sempre pensà a partir de les mans. Els seus raonaments no eren mai especulatiu, per més que quasi sempre fossin prospectius.

El recordo ponderant animadament les virtuts de l'heterodòxia, única posició des d'on realment progressa el coneixement, comentava. Això no el duia a menysprear la ciència normal, és clar, sinó a subvertir-la per progressar. Aquesta posició és d'un valor enorme, i més en una comunitat científica modesta com la nostra. Margalef gosà ser un heterodox regular en un país on ja costa ser científic normal. Margalef subvertia paradigmes aplicant amb rigor la falsació. Per això resultava tan incòmode als benpensants partidaris de les solucions definitives.

Per contra, aquesta actitud avançada i rigorosa captivà molts altres espèrits igualment progressius. Això comportà per a l'ecologia l'adquisició d'un prestigi de què abans no havia gaudit. Així, filòsofs com Xavier Rubert de Ventós o polítics com Pasqual Maragall —per esmentar només persones del nostre entorn immediat— se sentiren atrets per les seves idees. Margalef contribuï decisivament, d'aquesta manera, a redimir el coneixement ecològic del filatellisme més o menys diletant que l'havia estigmatitzat. Amb Margalef, l'ecologia i les ciències de la natura en general esdevenen pensament.

Margalef sempre exercí des de Catalunya, sense fer-ne proclames. Cal subratllar aquesta circumstància. Penso que el nacionalisme és la misèria de les nacions. Margalef contribuï a la causa nacional catalana sense escriure una sola ratlla que no fos ciència captivadora per a qualsevol habitant del planeta. Hi contribuï dient coses interessants des de la seva plataforma barcelonina. El respecte ve del prestigi i Margalef fou un prestigiós científic català a tots els efectes.

Rectitud deontològica

La rectitud deontològica de Ramon Margalef era proverbial. Sovint passem per alt que la seva època de màxima creativitat coincideix amb el període més negre de la nostra història contemporània. Bé que adquireix plenitud institucional i reconeixement generalitzat en els anys seixanta i setanta, el Margalef més innovador és el dels anys cinquanta i fins i tot quaranta. Són anys de dictadura, difícils de gestionar en una universitat o centre públic de recerca, i més per part d'algú que ve de les files republicanes. Margalef, que procurava no parlar de la guerra o del que s'hi relacionava, va saber mantenir la seva dignitat i independència de criteri en aquells moments difícils.

Però més enllà de qüestions polítiques o ideològiques, la rectitud deontològica de Margalef es manifestava cada dia en l'escrupolositat del seu posicionament conceptual. Era un científic rigorós que detestava la banalització del coneixement o la seva tergiversació amb fins interessats. Per aquesta causa,

era vist amb reticència per determinats sectors del moviment ecologista, que n'esperaven una militància que ell estava molt lluny de voler abraçar. Tanmateix, i contràriament al que se sol dir, penso que Margalef era un gran ecologista, malgrat els ecologistes i malgrat ell mateix. S'apartava sense vacillar de millenarismes i posicions simplistes, i per tant del tan comú ambientalisme superficial, però les seves tesis eren plenament ecologistes —més aviat sostenibilistes *avant la lettre*, potser—, baldament no ho volgués reconèixer. Pot dir-se que practicava un crític «ecologisme evangèlic» enfrontat a la confusa litúrgia dogmàtica de l'«ecologisme catequètic».

Aquesta rectitud deontològica li feia detestar l'afalac. Però no pas el reconeixement. Convé destacar-ho, perquè Margalef és presentat, per l'estereotip fàcil a què correm el risc de veure'l reduït, com una persona mig esquerpa que defugia tot aplaudiment. No és cert. Margalef detestava la llagoteria, igual que rebutjava l'ecologisme inconsistent o la ciència de *baratilli*, però rebia amb satisfacció el reconeixement per les coses que, prèviament, ell mateix s'havia autoreconegut. Em consta que va refusar determinats premis o distincions, però en va acceptar uns altres, en coherència amb la seva pròpia escala de valors.

Això és rectitud, no pas misantropia. L'Acadèmia i la societat catalanes li deuen un reconeixement per la seva tasca i per la seva trajectòria, que inclou haver sabut refusar les coses que calia no acceptar. Premiar no haver-se deixat sempre premiar és la mena de premi que ell hauria acceptat amb divertiment i complicitat mofeta. En tot cas, la seva memòria és tan nostra com seva era la seva vida i ens correspon a nosaltres enaltir-la sense demanar permís.

Divulgació *versus* transferència cultural

Margalef, que desbordava per elevació els cercles acadèmics més encimbellats, no deixà mai d'ocupar-se de la difusió planera del coneixement. És per això que en la seva extensíssima bibliografia s'entrellacen els articles de màxim nivell amb obretes per a joves, escrites quan ja era una celebritat. Compartí aquesta actitud, doncs, amb altres científics de renom que, com ell mateix, han defugit l'exercici de la pràctica científica com un críptic ritual per a iniciats. La ciència aborda qüestions complexes, certament, però la seva finalitat és arribar a comprendre-les, no pas explicar-les de manera complicada.

En una demostració de senzillesa que mai no deixà d'admirar-me, s'afegí a totes les iniciatives de disseminació del coneixement socioambiental que li vaig anar proposant, ja des de la dècada dels setanta. La primera fou el *Llibre blanc de la gestió de la natura als Països Catalans* (1976), per al qual escrigué una llarga introducció teòrica, memorable per molts motius. Després vingueren, sobretot, les seves aportacions a la *Història natural dels Països Catalans* —celebrà molt aquesta agosarada reivindicació del terme *història natural* en

una obra moderna— i a *Biosfera*, dels consells editorials assessors de les quals formà part durant els quinze anys (1984-1998) que durà el procés d'elaboració d'aquestes dues obres enciclopèdiques.

El seu darrer article publicat en vida aparegué, just una setmana abans del seu traspàs, al catàleg de l'exposició «Habitar el món», que no arribà a poder veure. Com sempre, s'avingué a la meua demanda d'escriure, i això que ja estava molt malalt. L'article en qüestió és una reflexió breu intitulada «Què és la diversitat?». Trobo molt bonic culminar una ingent vida de reflexió amb aquesta pregunta senzilla i transcendent. Així fou Ramon Margalef: transcendentment senzill.

Tribut d'agraïment

Vaig conèixer Ramon Margalef a la tardor del 1967, al pati de la Universitat de Barcelona. Recordo amb total nitidesa la imatge del moment. Aparegué a contrallum en el claustre de la vella Facultat de Ciències, cosa que conferia una aura de llum dispersada als seus cabells mig esgarriats, de mena prou rebecca. Irradiava alguna cosa que aquell halo fulgurant acabava d'exaltar. Em fascinà aquella esclatant imatge premonitòria i deu ser per això que la recordo amb tanta claredat.

Saludà bonhomiosament la dotzena curta de nous estudiants que l'esperàvem, sense donar cap importància al fet que, en aquell precís moment, començava a exercir com a primer catedràtic d'ecologia d'una universitat espanyola. Feia anys que Margalef impartia classes, però fou aleshores que començà a fer-ho de manera regular com a titular de la nova càtedra acabada de crear. Durant un curs vaig ser alumne seu i després en vaig esdevenir deixeble permanent. Amb Margalef, l'holisme, la transversalitat i el gust per l'heterodòxia i la paradoxa s'installaren en la meua ment juvenil. Fou el més gran dels regals intel·lectuals que mai he rebut. Sempre li'n seré agraït deutor.

Margalef era creient. Mai no vam parlar d'aquesta qüestió i ara em sap greu. M'hauria agradat conèixer la manera com l'encarava un científic com ell, agnòstic com sóc jo. La seva esposa, Maria Mir —que el seguí a la tomba una setmana justa més tard—, em comentà a la capella ardent de Margalef l'última conversa que tingueren quan ella s'absentà del seu costat per sotmetre's a una de les sessions de diàlisi que seguia: «Si quan tornes ja no hi sóc, ens veurem al cel.» Em digué que aquest darrer comentari anà acompanyat d'un plàcid somriure. Ho trobo impressionant.

Margalef morí a Barcelona el dia 23 de maig de 2004. Dos dies abans, el Consell Executiu de la Generalitat de Catalunya li concedí el Premi Medi Ambient 2004, premi que havia d'ésser-li lliurat el 5 de juny, Dia Mundial del Medi Ambient. En rebre per telèfon la notícia de la concessió, replicà amb la

més gran de les naturalitats: «Moltes gràcies, però el dia 5 ja seré mort.» Margalef s'enfrontà al seu propi traspàs amb absoluta serenitat. De fet, l'administrà des de començament d'any, quan el càncer de fetge que patia es revelà necessàriament fatal. No volgué cap especial tractament des d'aleshores. Sostenia que als vuitanta-cinc anys no pertocava ajornar de manera cruenta un final inevitable. Fins en això ens donà una imponent lliçó darrera.

RAMON FOLCH I GUILLÈN

Membre de la Secció de Ciències Biològiques

Membre de la Institució Catalana d'Història Natural

Doctor en biologia i socioecòleg

President del Consell Social de la Universitat Politècnica de Catalunya

Director general d'Estudi Ramon Folch -

Gestió i Comunicació Ambiental, SL

En acabar aquest acte tan emotiu voldria agrair les sentides intervencions de tots els que —havent col·laborat amb el doctor Margalef— han participat en aquest homenatge pòstum. També, molt especialment, he de manifestar el meu reconeixement a la doctora Mercè Durfort, que ha tingut cura de l'organització d'aquest acte realitzat conjuntament amb la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, al president de la qual em complau donar la benvinguda en aquesta casa.

No insistiré en l'extraordinària labor científica i docent duta a terme pel doctor Margalef, suficientment glossada pels que han intervingut en l'acte. Però sí que —com a president de l'Institut d'Estudis Catalans— voldria ressaltar que va ingressar a la nostra institució com a numerari l'any 1978 i que anteriorment havia estat membre destacat de la Societat Catalana de Biologia —on vaig tenir el privilegi de fer la seva coneixença— i de la Institució Catalana d'Història Natural, de la qual fou secretari durant vint-i-dos anys. Per tot això, l'Institut d'Estudis Catalans lamenta tan profundament la seva pèrdua.

Per acabar, li prego al senyor Rafael Foguet, president de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, que vulgui prendre la paraula i procedeixi a la seva cloenda.

JOSEP LAPORTE I SALAS
President de l'Institut d'Estudis Catalans

Participar en aquest acte és, per a mi, un honor, i per a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona i els companys acadèmics als quals represento, una satisfacció, homenatjant *in memoriam* un dels seus acadèmics més distingits.

Els parlaments que m'han precedit han glossat la personalitat i els treballs científics del doctor Ramon Margalef, des de diferents angles i en múltiples àrees del coneixement, i han confirmat i recordat la magnitud de la seva obra, que el defineix com un gran català certament universal.

Universalitat que li confereixen les seves nombroses aportacions científiques, publicacions i mestratge, com la creació d'una escola d'ecologia de gran prestigi, amb un gran nombre de deixebles i seguidors d'excel·lència, dels quals avui i aquí tenim una bona representació.

La seva tasca fou reconeguda arreu del món, com es dedueix dels premis i medalles rebuts (deu d'institucions estrangeres en el període 1972-2004); pels seus doctorats *honoris causa* i les múltiples *laudatio*, de les quals es feu creditor, a càrrec de col·legues de renom.

Un fet que voldria destacar és que ha estat un científic del qual tothom, dintre i fora del país, ha parlat bé, s'ha encomiat la seva obra i personalitat i se li han dedicat *simposia* i nombrosos actes de reconeixement públic, com a testimoni del que acabo de dir.

El doctor Ramon Margalef va ingressar a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona el 4 d'abril de 1957, amb un treball titulat «La teoria de la informació en ecologia».

A més de manifestar «la insuficiència de les matemàtiques utilitzades abans pel biòleg», ens diu que «la teoria de la informació ultrapassa l'estadística i emprà conceptes com l'entropia, evolució, organització de sistemes bio-

lògics, etc., que permeten quantificar elements o fenòmens naturals en el temps i en l'espai».

Crec que estaran d'acord a considerar originals i meritòries aquestes aportacions presentades fa quaranta-set anys, utilitzant fórmules matemàtiques que expressen el valor de la informació en bits. I aclareix, cito textualment, que és la «unitat que correspon a una definició entre dues alternatives igualment probables...»

La seva teoria l'aplicava, ja, a casos i referències experimentals, quantificats i ubicats, com deia al principi, «en el temps i en l'espai».

I acabava el seu discurs d'ingrés amb un paràgraf que he trobat de gran bellesa, diu: «La teoria de la informació procura una forma d'expressió apropiada quan tractem de propietats de l'Univers i volem exposar en descripció concisa les manifestacions de la força sublim que ha aixecat la vida del caos.»

Aquest era l'home i el científic admirat, reconegut i exemple per a les futures generacions. El seu record perdurarà sempre entre nosaltres.

RAFAEL FOGUET I AMBRÓS
President de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona

AQUESTA OBRA S'HA ACABAT D'IMPRIMIR
A L'OBRADOR D'ALTÉS ARTS GRÀFIQUES, SL
A L'HOSPITALET DE LLOBREGAT
EL DIA 28 D'OCTUBRE DE 2005



ISBN 84-7283-807-2



9 788472 838079