

# **INVESTIDURA DEL DOCTOR DAVID JOU I MIRABENT COM A DOCTOR HONORIS CAUSA DE LA UNIVERSITAT DE GIRONA**

## **LES LLEIS DE LA FÍSICA I EL DIÀLEG AMB EL MÓN: CIÈNCIA, FILOSOFIA, POESIA**

David Jou

Agraeixo de cor la generosa iniciativa d'haver-me proposat i acceptat com a doctor honoris causa de la Universitat de Girona. Moltes gràcies als qui en van tenir la idea i la van impulsar, als membres del Departament de Física per haver-hi donat el vistiplau i el suport, a l'equip de govern per haver-hi donat l'aprovació definitiva, i als padrins per la generosa presentació de mèrits. Si ja fins ara em sentia vinculat a Girona per molts llaços culturals i afectius, i per una llarga trajectòria de conferències en diversos centres, més m'hi sento des d'ara, per aquest nou vincle tan especial que suposa el nomenament de doctor honoris causa de la Universitat.

La meva relació científica amb la Universitat de Girona em fa evocar tres persones i un paisatge: Elena Roget, Xavier Casamitjana, Josep Enric Llebot, i l'estany de Banyoles. Cap a 1986, l'Elena i en Xavier estudiaven els cursos de doctorat a la UAB. Una tarda, comentant amb ells i amb el Dr. Llebot possibles temes per a les seves tesis doctorals, va sortir a la conversa la hidrodinàmica de l'estany de Banyoles, amb la singularitat de les surgències d'aigua que l'alimenten des del fons. Aquest tema presentava un triple al·licient: feia intervenir la física de fluids, que més o menys coneixiem, podia resultar útil per als biòlegs i ecòlegs –fet que incrementava les potencialitats de l'estudi en el context de la Universitat de Girona–, i es referia a un tema de proximitat, accessible a una observació metòdica i continuada.

Les tesis de l'Elena i d'en Xavier es van realitzar molt satisfactòriament. Van dur el tema molt més enllà del que havíem imaginat, i van iniciar una línia molt fructífera, en què conflueixen l'observació de l'estany, experiments al laboratori i estudis teòrics sobre la turbulència. Des de llavors, el seu grau de competència en aquests temes s'ha anat ampliant, amb la formació d'un grup de recerca dedicat a aquests temes, amb el contacte amb grups de recerca de prestigi internacional, i amb l'experiència i la solidesa que dona el treball propi.

Prendré l'estany de Banyoles com a punt de partida d'algunes reflexions sobre com la física ens fa dialogar amb el món: des de la física de fluids com a marc de diàleg amb l'estany, fins a les lleis generals de la física i, en especial, del segon principi de la termodinàmica (tema que ha centrat les nostres investigacions), i el seu diàleg amb l'univers.

### *L'estany de Banyoles i les condicions de contorn de les lleis físiques*

Les lleis de la física són universals, però les condicions de contorn dels problemes són particulars. Poden ser condicions sobre geometries senzilles – esferes, cilindres, plans– o sobre geometries complicades –vaixells, cotxes, avions, màquines, cèl·lules o estanys. A través de la diversitat de les condicions

de contorn, la unitat abstracta i poderosa de les lleis se singularitza fecundament en milers de problemes. En el cas de Banyoles, les condicions de contorn donades per la topografia, per la geologia del subsòl i pels esdeveniments meteorològics determinen una geometria i uns fluxos concrets, sobre els quals cal aplicar les equacions de la física de fluids.

A més, però, s'hi superposa una dimensió estètica. Sabem que la literatura pot aprofundir en l'exploració dels matisos dels paisatges i que, com més ho fa, més els obre als ulls dels visitants i més universals els fa esdevenir. Els admirats Joaquim Ruyra i Josep Pla en són altíssims exemples. Les condicions de contorn són un element important en el nostre diàleg amb el món a través de la física, allò que invita a considerar els detalls particulars i les peculiaritats locals que constitueixen part de la bellesa de cada problema. Jo mateix, durant la carrera, vaig viure intensament la relació entre lleis físiques i estètica quan estudiava a la platja de Sitges, moltes tardes de primavera, entre les equacions de les ones en fluids i les ones del mar que trencaven a la sorra.

Des del punt de vista limnològic, l'estany de Banyoles és singular. No hi ha gaires estanys o llacs al món que hi siguin comparables, a causa de les seves peculiaritats subaquàtiques. Però aquesta singularitat passa desapercebuda als ulls del visitant. És l'observació minuciosa i sistemàtica del científic la que la posa de manifest. I, com més detallat i rigorós és l'estudi i més fiables són els resultats, més universal esdevé l'estany per als especialistes d'arreu del món. El treball científic, com la creació literària, pot contribuir a universalitzar allò local, a elevar-ho a exemple de referència. Per això vam demanar al grup de Física Ambiental que fes un resum entenedor dels seus resultats principals sobre la física de l'estany de Banyoles, en un llibre publicat per l'Institut d'Estudis Catalans, i que recomano. I lligant ciència i poesia a l'entorn de l'estany, em plau esmentar també el llibre *L'estany utòpic*, de Jordi Colomer Feliu, un dels investigadors del Grup de Física Ambiental, i poeta en plena activitat.

### *Les lleis de la física*

He parlat de les condicions de contorn que singularitzen les lleis. Passo, ara, a parlar de les lleis mateixes. Coneixem relativament bé les partícules elementals, les interaccions bàsiques i les constants universals de les lleis físiques. Però ens trobem encara amb grans incògnites. Pel que fa a les interaccions, trobem la dificultat de fer compatibles la relativitat general i la física quàntica, cosa que entrebanca la unificació de la gravetat amb les altres forces –l'electrofeble i l'hadrònica o, en termes més explícits, les forces electromagnètica, nuclear feble i nuclear forta. Hi ha diverses propostes per a aquesta unificació, com ara la teoria de supercordes o les teories de gravitació quàntica. Però, cal realment unificar en una sola llei les diverses interaccions? N'hi hauria prou amb relligar suficientment entre si dues o tres lleis diferents? Hi haurà mai cap llei física que respongui totes les preguntes físiques, si la base matemàtica de la física conté, com sabem des de Gödel i Turing, qüestions indecidibles?

Pel que fa a les partícules, hi ha dos grans tipus d'incògnites. D'una banda, un hipotètic principi de supersimetria prediu l'existència de partícules simètriques a les actuals pel que fa a l'espín, però encara no se n'ha observat cap. Si no se n'observa cap en els propers cinc anys, hi haurà un terrabastall en la física

teòrica, ja que la majoria de propostes d'unificació d'interaccions, com ara la cèlebre teoria de supercordes, tenen com a ingredient rellevant aquesta supersimetria. El segon tipus d'incògnita es refereix a les partícules, encara desconegudes, que formen la matèria fosca o, més misteriós encara, el tipus d'entitats físiques que constitueixen l'energia fosca de l'univers: són partícules?, són defectes topològics de l'espai?, és una propietat intrínseca de l'espai?

En el cas de les constants universals de les lleis físiques, el problema rau en la gran sensibilitat del contingut de l'univers davant variacions hipotètiques dels valors de les constants. Si fossin gaire diferents dels que coneixem, no hi hauria àtoms pesants ni vida. Per què les constants tenen el valor que han de tenir perquè hi hagi vida? Les teories de supercordes no ho diuen. Trobarem alguna teoria que ho expliqui? O hi ha molts universos i les constants hi prenen valors aleatoris, i només podem estar en un univers que tingui aquests valors de les constants?

Aquest diàleg desborda la ciència i penetra en la metafísica. Què són les lleis físiques? Quina és la naturalesa de les matemàtiques? Són una entitat que transcendeix l'univers i li dona origen? Són unes receptes humanes que sistematitzen i condensen els resultats de milions d'experiments? Quin grau de realitat reflecteixen les lleis de la física? Com poden veure, partícules, interaccions, constants universals i preguntes metafísiques animen el diàleg de la física amb la naturalesa.

### *El paper de la termodinàmica en el diàleg físic amb el món*

Les teories de partícules elementals estan profundament relacionades amb la cosmologia de l'univers primitiu. Però malgrat l'elegància i l'atractiu de la unió del més gran amb el més petit que impregna la física teòrica, em va atreure més la termodinàmica (haig d'agrair l'excel·lent presentació que ens en va fer el professor José Casas-Vázquez, que posteriorment va ser el director de la meua tesi doctoral). Sóc sensible, com és lògic, a la relació profunda del més petit amb el més gran, com ho ha estat sempre la mística, però m'atreia més considerar aquesta relació sense deixar de banda la rica realitat intermèdia.

La termodinàmica, en canvi, s'interessa per tot. S'interessa pel més petit –per exemple, per les equacions d'estat del buit quàntic, o per la transició de fase entre matèria nuclear i plasma de quarks i gluons– i s'interessa pel més gran –com ara l'entropia dels forats negres o les equacions d'estat del contingut de l'univers, que són crucials per descriure la dinàmica còsmica. Però també s'interessa per les estrelles, pels volcans, pels moviments del magma que arrossegueu les plaques continentals, pels vents i pels núvols, per l'escalfament atmosfèric i els canvis climàtics, per les màquines tèrmiques i les piles d'hidrogen, les bateries elèctriques i les màquines biològiques moleculars, per les reaccions químiques i bioquímiques, pels formigons i els combustibles, per les calefaccions i els frigorífics, per la condimentació dels aliments i la seva conservació. A més, estudia les fases de la matèria, tan diverses: sòlid, líquid, gas, plasma, cristalls líquids, superconductors, superfluids, dissolucions col·loïdals, gels, imants, piezoelèctrics, estrelles de neutrons.

Per si això fos poc, presenta grans debats conceptuals. Les dues grans lleis de la termodinàmica (la primera, o llei de conservació de l'energia; la segona, o llei de degradació de l'energia) tenen ressonàncies filosòfiques presocràtiques: l'ésser de Parmènides, l'esdevenir d'Heràclit. Les contradiccions entre el temps reversible de la mecànica i el temps irreversible de la termodinàmica poden semblar una esquerda important en la consistència de la física. I també són riques i complexes les qüestions epistemològiques en el diàleg entre la visió macroscòpica i microscòpica de la matèria, entre el món quàntic microscòpic i el món clàssic a la nostra escala.

La majoria de científics admeten aquests al·licients, però creuen, equivocadament, que la termodinàmica és una ciència culminada, perfecta, sense res més a dir. Pensen tan sols en la termodinàmica de l'equilibri, però no en la termodinàmica fora de l'equilibri. Als anys 30 del segle passat, Onsager la va sistematitzar de forma elegant, establint les restriccions imposades per la termodinàmica sobre les equacions que descriuen el transport de calor, de massa, de corrent elèctric o de quantitat de moviment. La teoria fou ampliada i dinamitzada cap al 1960 per dos tipus d'aportacions: les estructures dissipatives de Prigogine i la termodinàmica racional de Coleman, Truesdell i Noll.

### *El segon principi de la termodinàmica*

Va ser en aquella època, en concret el 1974, que vaig entrar en el món de la termodinàmica. Llegir els debats entre Prigogine i Truesdell em va ajudar a veure que el camp tenia molts problemes oberts interessantíssims. La nostra recerca, amb el grup compost inicialment pel Dr. Casas, Josep Enric Llebot, Carlos Pérez García (a. c. s.), José Miguel Rubí i Diego Pavón, i després amb promocions posteriors d'investigadors joves, ha desenvolupat el que ha estat anomenat termodinàmica irreversible estesa.

El segon principi de la termodinàmica és una pedra angular de la física. Estableix que, en els sistemes aïllats, només són possibles els processos en què l'entropia de l'estat d'equilibri final és igual o més gran que la de l'estat d'equilibri inicial. Això implica la irrupció de la temporalitat irreversible en la física, el que anomenem la fletxa del temps.

En concret, ens hem preguntat com formular la segona llei en situacions allunyades de l'equilibri. El motiu conceptual és comprendre i explorar els límits d'una gran llei de la física. El motiu pràctic és la necessitat d'ampliar les equacions de transport a fenòmens ràpids, a escales espacials petites i a potències grans. Les equacions que descriuen aquests processos no són compatibles amb la formulació clàssica del segon principi. Hem hagut de repensar, doncs, conceptes bàsics, com ara com generalitzar l'entropia i el flux d'entropia lluny de l'equilibri quan els fluxos en el sistema són intensos, com formular el segon principi de la termodinàmica a partir d'aquesta nova entropia, com explotar a fons les equacions de transport generalitzades que se'n segueixen, i com interpretar la temperatura, la pressió i els potencials químics dependents dels fluxos...

La termodinàmica estesa incrementa el protagonisme dels fluxos físics. En aquest sentit, i metafòricament, la idea dels fluxos com a protagonistes, i no tan

sols com a magnituds derivades, sintonitza bé amb el moment històric actual, marcat per grans fluxos de migracions i de turisme, de capitals i de mercaderies, i d'informació.

Més enllà de l'equilibri local, tot s'ha de repensar. La nostra proposta estableix tot un camp de resultats consistents i plausibles, encara que limitat, i construeix alguns ponts entre les idees de Prigogine i les Truesdell que em fan venir a la memòria les discussions que tan estimulants em van resultar fa ja quaranta anys. En particular, per referir-me a algun aspecte conceptual, hi apareixen noves relativitats del temps, no vinculades a la relativitat einsteiniana, sinó relacionades amb el ritme de producció d'entropia. Es tracta de relativitats associades amb el processament de la informació i la complexitat, més properes a la relativitat del temps que tots hem experimentat: de vegades el temps se'n fa llarg, de vegades curt, no a causa de la relativitat d'Einstein, sinó dels diferents ritmes de processament cerebral de la informació.

### *Assaig i poesia*

Estudiar i reflexionar sobre la matèria i sobre el temps, sobre el cosmos i sobre la vida, m'ha impulsat a escriure una sèrie de llibres d'assaig sobre aquests temes: *El laberint del temps, la simfonia de la matèria (matèria i materialisme)*; *Cerebro y universo: dos cosmologías*; *Introducción al mundo cuántico: de la danza de las partículas a las semillas de las galaxias*. En particular, a *Reescribiendo el Génesis: de la gloria de Dios al sabotaje del universo*, dedico un dels capítols a les visions cosmològiques dels cabalistes de Girona, i a les seves analogies amb els problemes oberts d'avui sobre les constants físiques universals. M'han interessat també els temes relacionats amb ciència i religió, sobre els quals he publicat assaigs com *Déu, cosmos, caos (horitzons de les relacions entre ciència i religió)* o llibres de poesia com ara *Poemes sobre ciència i fe*. No ha estat en va que de la termodinàmica he apreciat la interdisciplinarietat i el debat, l'aspecte fructífer de les qüestions de frontera, que inviten a pensar i repensar el món des de perspectives diverses.

Vaig entrar a la universitat amb por d'estar-me equivocant: m'interessava la literatura però hi entrava a fer física. Què passaria? En tot cas, era més fàcil tornar de la física a la literatura que a l'inrevés. Però l'atractiu de la física se m'obrí des dels primers instants, sense impedir-me escriure poesia, ans ben al contrari, inspirant-me poemes des de perspectives poc freqüents, i que sense la física no hauria imaginat, fent-me sensible a bel·leses noves.

### *La docència*

No puc acabar sense referir-me a la docència, que sempre és un llarg camí d'aprenentatge. He acceptat de grat els encàrrecs del departament de donar cursos no tan sols de termodinàmica, de física estadística, de física de fluids, o de física no lineal, sinó també de física per a biòlegs, d'introducció a la ciència per a tothom, de física quàntica per a filòsofs, o de física per a les ciències i tecnologies de l'alimentació. He anat sempre a classe amb il·lusió i hi he après més jo que no pas els estudiants, ja que per donar bé la classe havia d'anar més enllà que ells. Per això, a més de la recerca, la docència i la divulgació han estat facetes de la meua vida universitària. Però no he tingut temps ni capacitat per a

la quarta faceta, tan important per al país: el desenvolupament tecnològic. Sé que la vida no dóna per a tot, però sento recança de no haver pogut contribuir a aquesta imperiosa necessitat.

Em plau tancar aquest discurs amb un dels poemes que he escrit inspirats en la docència. Transmetre i difondre allò que hem après, allò que hem rebut o hem descobert, invitar al coneixement i a la superació, a anar més enllà del que nosaltres hem pogut fer, és la missió central de la universitat; tenir davant nostre, any rere any, noves promocions d'estudiants accentua i fa present aquesta missió:

«Quin privilegi, haver pogut parlar  
tants anys davant d'uns ulls que renovaven  
contínuament la seva joventut,  
haver-me sentit ple de savieses més altes que la meua  
i des d'elles haver pogut parlar, argumentar, sorprendre, rebatre, demostrar,  
oblidar-me dels meus límits, de la meua poca gràcia,  
de la meua veu monòtona, de mi mateix i tot,  
i en un cel de pissarres i de guix esdevenir tan sols un portador  
—indigne, ho sé, i obscur— de tantes meravelles!

Que siguin elles  
les que em salvin als seus ulls, si cal salvar-me —o no, millor que no,  
millor no interposar-me altra vegada entre el foc de veritat  
i els ulls que algun instant l'han delejat;  
millor l'oblit, la transparència.

La joventut, la saviesa: tan eternes en la seva inaccessible abstracció  
i tan belles, ara, ací, en la múltiple i efímera presència  
d'aquests ulls distrets, d'aquests badalls —els veig—, d'aquest desinterès  
amb què prenen nota del que escric a la pissarra:  
ah, quan ho comprenguin algun dia,  
quan en vegin la bellesa no en paraules d'algú altre  
sinó d'ells, llum dels seus ulls, per fi matèria pròpia,  
quina redempció d'aquests instants on ara veuen solament monotonia!»

Moltes gràcies novament per aquest nomenament com a doctor honoris causa,  
per comptar-me entre el claustre de doctors vinculat a aquesta Universitat i a  
aquesta ciutat.

Girona, 10 de desembre de 2014