QUÀNTICA I HUMANITATS

Les rodes de la ciència

Sonia Fernández Vidal



Temps i tecnologia. Conceptualització: Luisa Quiroga

“Quan els nostres gens no van poder emmagatzemar tota la informació necessària per a la supervivència, vam inventar lentament els cervells. Llavors va arribar el moment, fa potser deu mil anys, en què vam necessitar saber més del que podia contenir adequadament un cervell. D’aquesta manera vam aprendre a acumular grans quantitats d’informació fora dels nostres cossos.

Segons creiem, som l’única espècie del planeta que ha inventat una memòria comunal que no està emmagatzemada ni als nostres gens ni als nostres cervells. El magatzem d’aquesta memòria es diu biblioteca.

Un llibre es fa a partir d’un arbre. És un conjunt de parts planes i flexibles, anomenades encara avui fulls, impresos amb signes de pigmentació fosca. N’hi ha prou amb donar-hi un cop d’ull per sentir la veu d’una altra persona que potser va morir fa milers d’anys. L’autor parla a través dels mil·lennis de manera clara i silenciosa, dins del nostre cap, directament a nosaltres.

L’escriptura és, probablement, l’invent humà més important. Un invent que uneix persones, ciutadans d’èpoques distants, que no es van conèixer mai entre ells. Els llibres trenquen els límits del temps, i demostren que els humans podem fer coses màgiques”.

CARL SAGAN [1]

En rebre l’encàrrec d’escriure sobre física i literatura, aquestes paraules de Carl Sagan van

brollar a la meva ment. Fins ara no he trobat una descripció que s'ajusti més, i alhora sigui tan poètica, d'allò que els llibres han significat per a la nostra civilització, probablement per l'èmfasi que posa l'autor en el seu potencial de transmetre coneixement. Precisament, en el camp del coneixement modern, hi ha una àrea que desperta tanta passió com temor: la teoria quàntica. Temor, ja que s'ha utilitzat com a frontissa i expressió col·loquial per posar dins del mateix sac tot allò que sona complicat. Passió perquè la seva estranyesa aconsegueix fascinar i atrapar la nostra imaginació com si es tractés d'un forat negre. Així doncs, és totalment comprensible que aquesta apassionant àrea de la investigació moderna s'alci com la millor candidata perquè la literatura faci el seu joc de màgia i la utilitzi com a palanca de la nostra imaginació.

Sap física un lleó?

Quan començava la carrera de Física, un matí vaig sentir una reflexió brillant d'un professor sobre les dificultats que tenim per entendre la teoria quàntica. Tots hem gaudit alguna vegada dels fascinants reportatges sobre el món animal. Una escena comuna en aquests documentals és la d'un lleó que intenta caçar una ràpida gasela. Amb l'ai al cor, veiem com la gasela comença a guanyar distància respecte al seu depredador fins que, finalment, el lleó s'atura resignat i deixa escapar la presa. Si ens aturem a pensar sobre aquest fet aparentment simple, ens adonarem que, mentre el felí està en plena carrera, realitza uns càlculs gens trivials: calcula la seva pròpia velocitat i la de la gasela, computa la resta vectorial entre ambdues i, quan s'adona que el mòdul —és a dir, la distància entre depredador i presa— augmenta, llavors es dona per vençut i reserva les seves forces per a una altra caça.

No obstant això, qualsevol estudiant de física de batxillerat tindria dificultats per plasmar sobre el paper aquests càlculs. I aquí sorgeix la pregunta: pot ser que els lleons siguin experts en física? La resposta és que sí. Els lleons, igual que els altres animals —inclosos els humans— han desenvolupat al llarg de la seva evolució una manera intuïtiva d'utilitzar la física en el seu dia a dia. Sense la física, nosaltres tampoc no sobreviuríem a la jungla d'asfalt. El que denominem *física clàssica* va sorgir de la nostra observació quotidiana del món que ens envolta. Podíem preveure els cicles lunars a partir de l'observació del cel, o definir la trajectòria d'un tir parabòlic en analitzar el que passava en llançar fletxes i pedres.

Tanmateix, quan ens endinsem en el món de la física moderna, ens allunyem de l'experiència ordinària de l'ésser humà. És lògic que ens costi entendre què succeeix quan ens movem a velocitats properes a la de la llum, quan la velocitat més ràpida a la qual es va poder arribar a començaments del segle XX era d'uns 100 quilòmetres per hora. Com podem comprendre intuïtivament el principi d'incertesa d'un electró si els nostres ulls no han evolucionat per percebre aquesta partícula diminuta?

> Els àtoms juguen amb unes regles molt diferents de les que estem acostumats a veure, i fan coses que ens semblen impossibles

La mecànica quàntica analitza fenòmens que queden fora del rang ordinari de l'experiència humana, allunyats de la nostra visió intuïtiva de la realitat. Fins ara no l'hem necessitat per sobreviure. Però aquesta mateixa limitació queda fragmentada per la nostra capacitat d'imaginar els escenaris més inversemblants, tan propis del gènere de la ciència-ficció o la fantasia. Aquest és el terreny en què la literatura ens pot ajudar, potser no a transmetre amb exactitud les vicissituds quàntiques, però sí a encendre la flama de la curiositat que ens impulsa a continuar aprenent.

Què és la física quàntica?

Des de la nit dels temps, l'ésser humà ha sentit la necessitat de comprendre l'univers. l el punt culminant d'aquesta recerca, en el camp de la física actual, s'organitza al voltant de dues grans teories: la quàntica i la de la relativitat. Mentre la relativitat ens descriu el món macroscòpic i els moviments de les galàxies, la teoria quàntica ens revela l'enigmàtica conducta dels àtoms i els seus constituents diminuts, els maons que formen tot allò que ens envolta… i fins i tot a nosaltres mateixos. Aquestes partícules diminutes juguen amb unes regles molt diferents de les que estem acostumats a veure en el nostre dia a dia. Fan coses que ens semblen impossibles: poden aparèixer del *no-res*, ser a dos llocs a la vegada, comportar-se com a ona o com a corpuscle depenent de com se les miri, travessar parets, compartir *connexions fantasmals* (en paraules del mateix Einstein) i moltes altres aparents extravagàncies.

La nova física ens convida a desafiar les nostres creences i a reformular-nos preguntes de gran bellesa intel·lectual: existeix una realitat única i objectiva? Hi ha la Lluna al cel quan no la mirem? Seguim un guió determinat en la nostra existència o l'escrivim a mesura que anem vivint? Malgrat que la física quàntica continua inquietant a qui pretengui comprendre-la racionalment, el seu radi d'acció supera l'abstracte i allunyat terreny de les idees. Podríem caure en l'error de pensar que aquesta ciència és de dubtosa credibilitat i està basada només en especulacions. Però el cert és que és la teoria més precisa que mai ha tingut entre mans la ciència. No es coneix, fins ara, cap experiment que la desmenteixi ni cap predicció fallida. Davant la teoria quàntica, tenim dues opcions: la primera, "calcular i callar" per obtenir tota mena d'avenços tecnològics. La segona, atrevir-se a interpretar el que l'univers ens està intentant dir.

Si optem per la primera aproximació, no viurem la confusió inquietant en què desemboquen la física quàntica i les seves paradoxes. Però si volem anar més enllà de les equacions per submergir-nos en els provocadors misteris del món quàntic, travessarem les fronteres de la física per endinsar-nos en el territori de la filosofia, incloent-hi la metafísica —etimològicament: més enllà de la física—. Sobre això, diu una anècdota que un estudiant es va atrevir a preguntar al Premi Nobel Richard Feynman: "Què és realment la funció d'ona quàntica?" El professor es va limitar a respondre: "Abans tanca la porta."

Petites grans preguntes

En les meves xerrades sobre iniciació a la física, m'agrada començar preguntant: què és la ciència per a tu? Sovint veig ganyotes de tensió a les cares del públic. Segurament les seves ments es traslladen a l'època estudiantil, quan s'enfrontaven a aquelles diabòliques equacions matemàtiques, plenes de nombres i símbols estranys que poc —o res— els transmetien. Com a resultat d'aquelles experiències, la gran majoria de persones associen la ciència a una cosa complicada, avorrida, allunyada del seu dia a dia i de les seves preocupacions quotidianes. Tanmateix, la ciència pot aportar molt més a la nostra vida que aquestes fórmules críptiques que només uns quants aconsegueixen entendre. Ens obre les portes a un món fantàstic en què la imaginació i els somnis travessen les fronteres de l'impossible per sorprendre'ns en convertir-se en realitat. Aconseguirem algun dia teletransportar-nos? Tindrem un DeLorean —el cotxe de *Retorn al futur*— aparcat al garatge per viatjar en el temps? Podrem explorar galàxies llunyanes desafiant la velocitat de la llum? Arribarem a gaudir de capes d'invisibilitat com la de Harry Potter?

Són preguntes que ens fem de nens, però quan madurem ens van convencent que la fantasia s'ha de quedar al món dels somnis i no al del pràctic dia a dia. Fa poc llegia que un nen de 4 anys es fa una mitjana de 473 preguntes al dia. Comencem la nostra vida sent petits exploradors i desinhibits investigadors, sense por del fracàs. Un bon exemple d'això el descriu l'anècdota d'un company en explicar a la seva filla petita la teoria de la relativitat: "Ahir a la nit li vaig explicar que la velocitat de la llum és el límit de velocitat de l'univers. Em vaig quedar mut quan em va preguntar: 'Llavors, pare, quina és la velocitat de la foscor?'" Les preguntes que ens fan els més petits poden semblar-nos enganyosament senzilles, però sovint són les que han aconseguit transformar la nostra visió del cosmos. Per què a mesura que creixem deixem de formular-les?

Els adults —potser perquè estem ocupats amb les nostres càbales diàries, o potser perquè arrosseguem les nostres pròpies pors del fracàs— no sabem enfrontar-nos a preguntes com la següent: "Si la Lluna gira al voltant de la Terra, i la Terra gira al voltant del Sol… Al voltant de què gira el Sol?" Molt sovint ens quedem paralitzats i responem una cosa semblant a: "No vols sortir a jugar una estona? Així no molestes els grans." No hi ha una manera més efectiva de tallar les ales que permeten volar als nostres petits exploradors. Tanmateix, si acceptem la invitació que ens brinda un nen en fer-nos aquesta pregunta, podem arribar a descobrir una cosa sorprenent.

> La física quàntica analitza fenòmens que queden fora del rang ordinari de l'experiència humana i ens convida a desafiar les nostres creences i a reformular-nos preguntes de gran bellesa intel·lectual: existeix una realitat única i objectiva?

Si viatgem a 26.000 anys llum del nostre planeta, ens trobarem amb el centre de la Via

Làctia. Alguna cosa molt potent hi ha d'habitar perquè totes les estrelles, inclòs el nostre Sol, girin al seu voltant. I, efectivament, és així: ens trobem un forat negre supermassiu, que pesa milions de vegades més que el nostre Sol. I això no només passa a la nostra galàxia, sinó en la majoria de les galàxies observades pels astrofísics. Aquests monstruosos forats han resultat no ser només destructors còsmics, sinó que tenen un paper fonamental en la creació de les galàxies i, per tant, en la nostra pròpia existència. Van ser els encarregats d'agrupar la pols interestel·lar, de crear les estrelles i els sistemes solars. Són un element decisiu per crear tot el que il·lumina el firmament. Dirigeixen els balls de les galàxies!

Som pols d'estrelles

Hi ha una immensa potencialitat de la ciència sovint desaprofitada: oferir-nos un context i un significat a la vida. Quan ensenyem ciència als infants, de seguida ens centrem només en els detalls, a resoldre una equació o en els components d'aquesta cèl·lula o d'aquella. Si no portem els nens més enllà de les estrelles, la ciència es torna inerta. Però si la comuniquem mostrant-los les grans idees que en sorgeixen —com ens permet viatjar a nous mons, explicar per què escalfa el Sol o com el ferro de la nostra sang, el calci dels nostres ossos i l'oxigen dels nostres pulmons es forgen en les explosions de les estrelles— llavors la ciència pren vida. Llavors ens fem conscients que som hereus del llegat de 14.000 milions d'anys de l'univers. Diuen que l'astronomia és formadora de caràcter. Entendre el nostre petit lloc, en aquest instant efímer del cosmos, és un viatge d'humilitat. Els nens són la clau per al nostre futur, per això és important que comencin a explorar les coses grans des de petits. Això fa imperatiu centrar els nostres esforços a fer que tinguin al seu abast la ciència, i no hi ha millor vehicle que la literatura.

Senyals d'alarma

Per descomptat, els més petits no són els únics en qui hem de centrar la nostra atenció. Com diu un bon amic: els contes serveixen per adormir els nens i despertar els adults. I els moments que passem són prou tortuosos. Vivim uns dies gens senzills en l'àmbit econòmic; per mitjà dels diaris i els telenotícies no parem de rebre informacions sobre la fuga de talent. Els nostres joves, el valor futur de la nostra societat, ens deixa. En el cas de la ciència, són alarmants els pressupostos deficitaris en recerca. Mentre que la mitjana europea se situa en el 2,32% del PIB, a Espanya ens situem a la llunyania, amb un pressupost d'1,41% el 2020 (encara que l'efecte de caiguda del PIB a causa de la pandèmia va ajudar a augmentar la xifra) [2].

És cert, tanmateix, que en èpoques dures i de retallades, vivint com ho fem en una democràcia, és just que sigui la societat, que siguem tots, els que decidim on invertir els nostres diners i quines són les nostres necessitats principals. Precisament per això és important que tinguem la informació i el coneixement necessaris per poder prendre aquestes decisions. Que siguem conscients dels avantatges d'invertir en talent, coneixement i recerca. Segons l'índex d'innovació de Bloomberg, els 10 països del món que mostren més nivells de benestar són també els més innovadors. El punt que tenen en comú

és que inverteixen en recerca, desenvolupament i innovació (R+D+I) entre el 2% i el 3% del seu PIB.

La inspiració es paga a si mateixa

Aquesta imatge, coneguda com a "Albada de la Terra", va ser fruit d'un gran esforç d'investigació: l'*Apollo-8* feia la volta al voltant de la Lluna. La fotografia va ser feta fa més de 50 anys, la nit de Nadal del 1968.



La Terra vista des de més enllà de la superfície lunar. Font: NASA

Respecte a aquesta imatge, Bill Anders, de la NASA, va afirmar: "Després de tot l'entrenament i les investigacions que hem desenvolupat els astronautes per arribar a la Lluna i tornar-ne sans i estalvis, perquè els humans explorem l'òrbita lunar, el que realment hem descobert és el planeta Terra." Tanmateix, una cosa que no es té en compte tan sovint sobre l'exploració espacial del programa Apollo és la contribució econòmica que va suposar. És a dir, al mateix temps que podem argumentar com va ser de meravellós aquest gran assoliment que ens va donar fotografies com aquesta, ens preguntem: "Va costar un dineral, oi?" S'han fet molts estudis sobre l'eficiència de l'impacte econòmic de l'Apollo. El més important va ser el de l'any 1975, fet per Chase Econometrics. L'estudi va demostrar que, per cada dòlar gastat en el projecte Apollo, n'hi va haver 14 que van tornar a l'economia nord-americana. El projecte Apollo es va pagar a si mateix en motivació per avançar, en enginyeria, en descobriments. La inspiració es va pagar a si mateixa.

No és que els països més rics inverteixin en ciència; els països són més rics perquè inverteixen en ciència. Tal com mostra l'informe del Cercle Cívic d'Opinió del 2012, si Espanya hagués invertit en R+D el mateix percentatge que la resta de països de l'OCDE des del 1970, l'any 2005 hauríem sigut un 20% més rics per cap. El desconeixement dels

avenços i del que suposen perquè continuem evolucionant com a éssers humans el podem arribar a "pagar car". Com deia Carl Sagan a la seva obra *Cosmos* (1980): "Crec que el nostre futur depèn del coneixement del nostre cosmos, en el qual flotem com una brossa de pols al matí."

Dieta mental

La gran pregunta que cal posar sobre la taula en aquests moments és la següent: què és el que ens interessa com a societat? Massa sovint és allò que els mitjans de comunicació i les diferents marques estan potenciant. La majoria de nosaltres reconeixem sense dubtar personatges com Cristiano Ronaldo, Silvio Berlusconi, Justin Bieber, Karmele Marchante, Victoria Beckham, David Beckham, Jorge Javier Vázquez, Carmen Alcayde, Maradona, Kobe Bryant o Arnold Schwarzenegger, ja que són famosos i milionaris. Ens interessa saber quina roba portaran, quins cotxes conduiran i on han anat de vacances.

Però hi ha altres persones que deixaran una empremta molt més duradora. Tot i això, quants científics i científiques coneixem entre noms com Alexander Fleming, Manuel Elkin Patarroyo, Marie Curie, Richard Feynman, Sir Tim Berners-Lee, Wilhem Conrad Röntgen, Elizabeth Blackburn, Carl Sagan, Wojciech Hubert Zurek, Anton Zeilinger o Juan Ignacio Cirac?

Aquest grup representa un col·lectiu que potser no és ric ni famós, però són les persones que més ens han fet evolucionar. Ens han donat la penicil·lina, ens han vacunat contra la malària, lluiten contra el càncer, ens han permès connectar-nos a internet, tenir aparells de raigs X o de ressonància magnètica, i una infinitat més de regals a la humanitat. Hem de revisar el nostre sistema de valors i creences que estableix qui són els nostres herois i models a seguir.

> Si volem anar més enllà de les equacions per submergir-nos en els provocadors misteris del món quàntic, travessarem les fronteres de la física per endinsar-nos en el territori de la filosofia

De la mateixa manera que cuidem els aliments que mengem diàriament, és essencial que tinguem cura de la nostra dieta mental i siguem conscients dels continguts que ingerim. Potser Jean de la Fontaine tenia raó quan afirmava: "Tots els cervells del món són impotents contra qualsevol ximpleria que estigui de moda." Al principi vaig sentir aversió envers aquesta afirmació. Em resistia a reconèixer com n'és, d'encertada. Després em vaig resignar a acceptar la veritat que reflectien les seves paraules. Però la resignació va evolucionar i em vaig dir: per què no girem la truita? Si ha de ser així, utilitzem-ho a favor nostre. Podem aconseguir que la ciència desperti interès, que sigui divertida; potenciem el coneixement. Posem la ciència de moda!



La Biblioteca de la Terra

Podem evolucionar com a civilització o bé podem arribar a l'autodestrucció. Evitar la segona opció passa per fer arribar el coneixement a tots els éssers humans del planeta. És la nostra responsabilitat com a científics fer de la ciència quelcom comprensible, i és responsabilitat dels organismes d'educació transmetre-la amb passió a les aules. Al seu torn, els mitjans de comunicació tenen la responsabilitat d'escollir de manera responsable les seves programacions, i els polítics haurien de destinar pressupostos decents a la recerca i als cervells brillants que tenim al nostre país i que no tenen més remei que marxar a l'estranger. Però el més important: gaudir del coneixement és el nostre dret, el dret de tots nosaltres, ja que és el coneixement el que ens portarà, com a civilització, a aconseguir tots els nostres somnis.

REFERÈNCIES I NOTES

1 — Sagan, Carl (1980). *Cosmos*. Random House
2 — Dades extretes del web Bancomundial.org



Sonia Fernández Vidal
Sonia Fernández Vidal és escriptora, investigadora, emprenedora i divulgadora científica. És doctora en Òptica i Informació Quàntica per la Universitat Autònoma de Barcelona, on imparteix docència, i acadèmica numerària de la Reial Acadèmia Europea de Doctors (RAED). Ha treballat i col·laborat amb alguns dels centres més prestigiosos, com l' Organització Europea per a la Recerca Nuclear (CERN), el Laboratori Nacional Los Alamos o l'Institut de Ciències Fotòniques (ICFO). En el món empresarial, és cofundadora de l'empresa Gauss & Neumann. L'any 2017 va ser seleccionada per la revista Forbes com una de les cent persones més creatives del món. És autora del llibre *La porta dels tres panys*, traduït a 12 idiomes. També ha escrit *Quantic Love*, novel·la ambientada al CERN, i *Esmorzar amb partícules*, un assaig sobre els orígens de l'univers.