

PREÀMBUL

Editorial: què és la segona revolució quàntica?

Apunts sobre noves tecnologies

Lluís Torner, Anna Sanpera



Representació artística de cables quàntics. Conceptualització: Luisa Quiroga

El món s'enfronta sempre a nous reptes i problemes. La visió antropocèntrica de l'univers, durant segles tan fortament arrelada a la nostra societat, comença a grinyolar en el moment en què es veuen algunes de les seves conseqüències. A l'hora d'escriure aquestes línies, som ben conscients d'alguns dels desafiaments presents: observem —astorats— el canvi climàtic; prenem consciència de la destrucció de la biodiversitat, del biaix de gènere, de la necessitat d'assegurar aigua potable per a tothom, del malbaratament energètic, de la propagació de la desinformació... I hi busquem solucions al nostre abast: socials, econòmiques, filosòfiques, tecnològiques, etc. Les solucions tecnològiques es deriven dels nostres descobriments científics i tenen com a objectiu millorar la qualitat de vida de tothom.

Per primer cop en la història de la humanitat, som capaços de manipular —de manera prou precisa— el món en l'àmbit atòmic, iniciant el que anomenem la *segona revolució quàntica*. La física quàntica no és una teoria nova: es va descobrir durant les primeres dècades del segle XX i descriu el comportament dels constituents de l'univers a escala atòmica. És una teoria fisicomatemàtica extremament acurada a l'hora de provar i predir nous efectes, però sovint ens mostra que el funcionament del nostre món no es correspon amb el coneixement que n'adquirim mitjançant l'experiència. Alguns conceptes bàsics de la teoria tenen unes

implicacions fortament contraintuïtives des d'una perspectiva de la vida quotidiana i de les seves implicacions quan volem interpretar què és la realitat. Això no obstant, les prediccions que fa la física quàntica han estat sempre correctes a l'hora d'explicar com es comporta el món a escala atòmica, i els seus efectes més estranys han estat provats reiteradament, manifestant una concordança exquisida amb les prediccions de la teoria.

No tan sols això: una part del comportament del món a escala atòmica que descriu la quàntica ja va fer possible un avenç tecnològic immens a mitjans del segle XX. És el que actualment anomenem la *primera revolució quàntica*. Entre altres coses, ens va permetre la comprensió i la utilització dels materials semiconductors i, per tant, l'aparició del transistor i de l'electrònica en la forma en què la coneixem avui. Un altre producte de la primera revolució quàntica és el làser i totes les seves aplicacions. El transistor i el làser, cor de l'electrònica i la fotònica, respectivament, han fet possibles les tecnologies de la computació i de les comunicacions, que són presents arreu, i que defineixen el que coneixem com a societat digital: connectivitat, internet global, robotització i l'anomenada intel·ligència artificial són, en part, elements definitoris del món actual. La influència de la quàntica també és present als aparells d'imatge avançada i de diagnosi utilitzats rutinàriament als hospitals: la ressonància magnètica, la tomografia avançada (per exemple, els aparells de ressonància magnètica nuclear, RMN, i de tomografia per emissió de positrons, PET), l'instrumental quirúrgic o algunes teràpies per a oncologia són producte també de la utilització de tècniques derivades de la primera revolució quàntica.

La segona revolució quàntica

La possibilitat de manipular per primer cop els àtoms a escala individual dona lloc al que anomenem *segona revolució quàntica*. Els àtoms, si estan ben aïllats, poden estar en superposicions quàntiques —estats que els representen aquí i allà a la vegada—, com il·lustra el famosíssim exemple del gat de Schrödinger. A més, som capaços de fer que dos àtoms interaccionin entre si i esdevinguin correlacionats, encara que després estiguin separats. És el que s'anomena l'*entrellaçament quàntic*, que tant incomodava Einstein, i que dona lloc a efectes tan sorprenents com la teleportació d'estats quàntics (no de matèria); la comunicació absolutament privada, és a dir, sense possibilitat de ser espiada/falsejada, o la impossibilitat absoluta de copiar/clonar estats quàntics, mentre que les càmeres dels nostres telèfons copien qualsevol imatge sense problema. Així doncs, les propietats intrínsecament quàntiques del món a escala atòmica fan possible crear tecnologies que, d'una altra manera, serien impossibles. L'exemple paradigmàtic és la computació quàntica, que en principi —però encara no a la pràctica— podrà realitzar operacions de càlcul irrealitzables amb ordinadors clàssics de qualsevol potència de càlcul imaginable.

Per primer cop en la història de la humanitat, som capaços de manipular de manera prou precisa el món en l'àmbit atòmic, cosa que inicia el que anomenem segona revolució quàntica

Amb el que sabem avui, no diríem pas que la segona revolució quàntica hagi de ser tan transformadora per a la nostra civilització com ho ha estat la primera al llarg dels darrers 50 anys. Això no obstant, tampoc no consta que ningú fos capaç —amb l'excepció d'algun escriptor de ciència-ficció— de predir, durant la dècada de 1960, el que aquella revolució ja ha convertit en realitat avui. Sense pecar d'arrogància, es pot aspirar a endevinar com evolucionarà la ciència i la tecnologia en els pròxims 6 o 10 anys, descomptant alguna sorpresa, sempre benvinguda. Però qui es veu amb cor de predir com serà la tecnologia d'aquí a 50 anys, és a dir, a la dècada de 2070?

El que és del tot segur és que el món serà molt diferent aleshores i que, atès el caràcter fonamental dels principis que regeixen el funcionament de la natura tal com avui els coneixem, les futures tecnologies que hauran emergit de l'exploració del món quàntic contribuiran a transformar-lo. En quin grau i en quins àmbits? Quin impacte social tindrà el futur internet quàntic? Quines malalties podran diagnosticar millor els futurs sensors quàntics? Quants anys es trigarà a desenvolupar un ordinador quàntic de propòsit general realment potent? Totes aquestes són preguntes que avui tot just ens comencem a plantejar.

En qualsevol cas, la humanitat dels pròxims decennis haurà d'abordar reptes formidables en molts àmbits, tant econòmics com organitzatius i socials. Per exemple, caldrà desenvolupar nous materials amb propietats radicalment noves i utilitzar energies respectuoses amb el planeta. El coneixement més profund descrit per la física quàntica, que ja comencem a albirar en l'àmbit de materials, de processos químics i de com funciona el món a escala microscòpica, hauria d'aportar algunes de les solucions.

Una reflexió orientada al futur

En aquest monogràfic de la revista IDEES hem recollit articles que analitzen diversos àmbits de la ciència i de les tecnologies quàntiques, des d'aspectes pràctics fins a implicacions conceptuals i culturals, passant per l'estat de la qüestió al món, amb especial èmfasi en la Unió Europea. Alguns dels articles inclouen el desplegament de tecnologies de ciberseguretat, sensors per a medicina i computació, i les implicacions industrials de tot plegat. La resta de textos aporten reflexions filosòfiques, històriques, artístiques i de governança. Els autors dels articles són persones expertes mundials en els seus àmbits, fet que garanteix el rigor i l'estricta actualitat de les seves contribucions.

Agraïm als responsables de la revista IDEES la seva visió a proposar la publicació d'aquest número, i a les autores i autors les seves contribucions. Convidem a tothom a gaudir del resultat: de ben segur que interessarà i motivarà estudis més aprofundits.

**Lluís Torner**

Lluís Torner és director de l'Institut de Ciències Fotòniques (ICFO), un centre de referència internacional que desenvolupa recerca en l'àmbit de la fotònica i les seves aplicacions. És llicenciat en Ciències Físiques per la Universitat Autònoma de Barcelona (1986) i doctor per la Universitat Politècnica de Catalunya (1989), on és catedràtic des de l'any 2000. Ha estat elegit *Fellow* de diverses societats, entre les quals l'Optical Society of America, la European Optical Society i la European Physical Society. És assessor de nombroses entitats públiques i privades d'Europa, Estats Units d'Amèrica, Canadà, Austràlia i la Comissió Europea. Ha rebut la Medalla Monturiol, el premi de lideratge d'àmbit mundial atorgat per l'Optical Society of America i el Premi Nacional de Recerca, entre d'altres reconeixements. Va ser president de l'Associació Catalana d'Entitats de Recerca (ACER) durant el període 2009-2014.

**Anna Sanpera**

Anna Sanpera és professora de recerca ICREA al grup d'Informació Quàntica de la Universitat Autònoma de Barcelona des de l'any 2005. Ha sigut investigadora a la Universitat d'Oxford, a la Universitat de París-Saclay i a la Universitat de Leibniz, a Hannover, on va ser professora assistent. Els seus interessos de recerca van des de la teoria de la informació quàntica fins als gasos quàntics. Actualment, està treballant en la relació entre la informació quàntica i la matèria condensada. Col·labora amb diferents grups de recerca d'àmbit nacional i internacional.