

QUÀNTICA I HUMANITATS

Malestar quàntic: reflexions sobre l'art i la interdisciplinarietat

Reiko Yamada

Física quàntica i freqüències creatives. Conceptualització: Luisa Quiroga

Com a compositora que s'ha relacionat amb físics quàntics durant els últims quatre anys, experimento una sensació de malestar quan sento el terme *art quàntic*. Com molts altres termes amb l'adjectiu *quàntic*, aquest cada cop guanya més popularitat. S'ha fet tan omnipresent que fins i tot una paella que vaig comprar no fa gaire duia una etiqueta que en proclamava la fabricació amb tecnologia quàntica. Malauradament, la definició de *tecnologia quàntica* s'ha estès més enllà del seu significat científic i ha donat lloc a una sèrie d'usos imprecisos i de vegades enganyosos del terme. En les arts, àmbit en el qual les definicions es revisen i es reinventen contínuament, la paraula *quàntic* també està subjecta a una interpretació àmplia. En conseqüència, molts artistes es poden autoidentificar com a *artistes quàntics* i les obres d'art es poden presentar com a *art quàntic*, amb obres que van des de tènues connexions de dues coses aparentment diverses (entrellaçament) fins a exploracions de temes d'inspiració atòmica.

Em sento afortunada d'haver ocupat un lloc, primer com a artista resident i després com a investigadora postdoctoral, a l'Institut de Ciències Fotòniques de Barcelona (ICFO), on cada dia més de 400 físics desenvolupen els seus respectius projectes de recerca en física. El món de la física quàntica és captivador i, per a mi, una font perpètua d'inspiració creativa, i estic segura que no soc l'única artista que troba inspiració en aquest camp. Tanmateix, l'explotació freqüent de la paraula *quàntic* a la indústria de les arts em preocupa, sobretot

perquè he acabat entenent millor què és la recerca en física quàntica.

Art quàntic

Quan es fa referència a l'art quàntic, moltes persones ho associen a concursos de fotografia durant la Setmana de la Ciència, exposicions a museus de la ciència o publicacions de moda a Instagram per part d'indústries emergents relacionades amb el món quàntic. També pot ser que recordin trobades amb autoproclamats "creients quàntics", que ofereixen meditació, entrenament personal i curació energètica amb cristalls i obres d'art amb el tema de l'univers de fons. És ben comprensible que aquesta tergiversació de la física quàntica sigui frustrant per als investigadors genuïns en aquest camp.

Convé assenyalar que no a totes les persones autodidactes els falten coneixements i experiència. No obstant això, en diversos entorns, com ara en aeroports o exposicions científiques, he trobat persones que diuen que són físics quàntics autodidactes. Quan esmento el meu treball com a compositora que col·labora amb físics quàntics, alguns m'han contestat: "Jo també! Soc artista i crec en el quàntic!" Tot i que el coneixement autodidacte no té res d'inherentment dolent, els debats poden resultar improductius quan la base de la "recerca" objecte de debat són les publicacions de Facebook i els webs místics. Aquests tipus de webs solen utilitzar la idea personal que té el seu propietari de la física quàntica per alimentar el seu propi sistema de creences espirituals i el de la seva comunitat.

Tot i això, em va produir un gran desconcert la relació entre la física quàntica i les pràctiques espirituals i l'exageració amb què es presentava. Quan vaig llegir l'esquer del màrqueting "A punt per a la quàntica?" en un web que anunciava el programa per obtenir el certificat de Quantum Life Coaching per 6.497 dòlars, per fi vaig entendre la frustració dels investigadors, no solament per la mala utilització dels termes manllevats de la física quàntica, sinó també pel fet que la seva recerca es tergiversa i s'utilitza amb finalitats comercials. Una acadèmia d'entrenament personal quàntic cobra 9.997 dòlars pel seu programa, tot afirmant que el "valor real" del programa és més del doble d'aquesta quantitat.

El món de la física quàntica és captivador i una font perpètua d'inspiració creativa. La combinació del terme quàntic i el terme art sembla haver creat un ideal suprem que sintonitza bé amb el públic en general

Actualment, la creativitat es considera una qualitat fonamental per a emprenedors i directius empresarials. S'anima a tothom a ser un artista; fins i tot el desenvolupament de materials nous i ordinadors més ràpids que utilitzen tecnologia quàntica sembla que es dirigeix principalment a guanyar diners per mitjà d'empreses artístiques. Per exemple, l'objectiu final de desenvolupar telèfons intel·ligents més avançats és fonamentalment

oferir a la gent millors eines per mostrar el seu art a les plataformes de les xarxes socials. La combinació del terme *quàntic*, que normalment representa la ciència futurista d'avantguarda (malgrat les seves arrels en el segle XIX) i el terme *art*, que engloba una àmplia gamma d'experiències humanístiques estètiques, sembla haver creat un ideal suprem que sintonitza bé amb el públic en general. Com a resultat, l'art quàntic s'utilitza àmpliament en les tasques de monetització, així com en activitats de divulgació científica.

No cal dir que en qualsevol camp sovint hi ha una bretxa inherent entre la manera com l'entenen els professionals i la comprensió del públic en general. En l'àmbit del cinema, obres excel·lents com *Bojos per les partícules* (2013) i *Interstellar* (2014) utilitzen de manera precisa i autèntica la física quàntica sense una dramatització excessiva. Moltes altres pel·lícules i sèries fan servir conceptes de la física quàntica com a fràgils excuses per a resultats altament improbables, com ara la idea que tot i tothom es pot connectar mitjançant l'"entrellaçament", o que qualsevol cosa és possible gràcies a la "superposició". No ens ha d'estranyar, doncs, que el públic en general tingui moltes idees errònies sobre la física quàntica, atès que molts fenòmens del món quàntic són extremament difícils d'entendre.

Tot i que m'agraden les obres de molts artistes inspirades en la física quàntica, he d'expressar la meua opinió: sovint aquestes obres no aconsegueixen abordar la bretxa entre professionals i públic general amb eficàcia. Per exemple, durant una xerrada d'artistes celebrada un vespre en un local a Barcelona, ple de gom a gom, un dels artistes va expressar el seu malestar per l'actitud privilegiada i condescendent que mostren els acadèmics envers les persones que busquen coneixement fora de les institucions educatives tradicionals. Va remarcar que el coneixement, com ara el coneixement sobre la física quàntica, no s'hauria de limitar als que tenen el privilegi de poder estudiar o dedicar-se a la recerca en institucions d'ensenyament superior.

Malgrat que en general estic d'acord amb el sentiment expressat per l'artista sobre l'accessibilitat del coneixement, no vaig poder evitar notar la decepció entre els físics del públic quan l'artista presentava les seves obres d'inspiració quàntica. En les converses que vaig mantenir amb un científic després de l'esdeveniment, em va explicar que aquesta decepció s'originava en una falta de respecte percebuda envers la profunditat del coneixement implicada. La mecànica quàntica, com a camp de recerca, requereix una base sòlida en matemàtiques avançades només per entendre els fonaments bàsics dels seus fenòmens. Les matemàtiques serveixen com l'eina més eficaç actualment disponible per explicar conceptes quàntics, tot i ser un mer llenguatge de representació. Fins i tot amb elaborades al·legories, la comprensió de la veritable naturalesa dels fenòmens quàntics continua sent difícil per a la majoria de les persones, inclosa jo mateixa, ja que no tenim els coneixements matemàtics per poder endinsar-nos en la literatura. No va ser fins al meu tercer any de recerca a l'ICFO que vaig començar a adonar-me de la fascinació que experimenten els físics quàntics. Més enllà dels misteriosos efectes del món quàntic que he esmentat abans, aquesta fascinació es produeix per la bellesa inherent de les equacions matemàtiques que guien la seva exploració.

Per ser sincera, aquesta situació em col·loca en una posició incòmoda. D'una banda,

malgrat que no tinc un grau en Física —i a banda de la meua pròpia creació d'art quàntic— encara sento certa responsabilitat, com si fos una mena de guardiana de les arts quàntiques. No cal dir que no hi ha cap porta física ni cap organisme d'execució que supervisi l'art quàntic. No ocupo cap posició de gran poder o influència en l'àmbit acadèmic o en el món de l'art que m'atorgui autoritat per prohibir a ningú la pràctica de l'art quàntic. Tanmateix, crec que les meves paraules i accions poden tenir pes, simplement perquè soc una artista que també treballa com a investigadora postdoctoral en un institut de física com l'ICFO.

Recentment, vaig coorganitzar el simposi Quantum Sounds a Barcelona, en el qual vaig intentar filtrar qualsevol possible interpretació o tergiversació dels professionals de l'art quàntic. Com que el simposi va tenir lloc a l'ICFO, em vaig sentir responsable de garantir que el vessant científic de la creació artística interdisciplinària entre els ponents estigués ben establert i fonamentat. Tot i que encara em falta molt per aprendre sobre física quàntica, agraeixo l'immens esforç i la meticulositat amb què els investigadors porten a terme la seva feina. En aquest context, crec fermament que els artistes han de respectar el diligent treball dels científics. Per a nosaltres és important reconèixer i honrar el rigor científic subjacent a la física quàntica, encara que en tinguem una comprensió limitada.

Tanmateix, per l'altre costat, topo constantment amb el rebuig dels científics. És descoratjador reconèixer que la majoria dels científics amb qui parlo expressen autèntica sorpresa pel fet que músics com jo tinguin un doctorat i que hi hagi revistes de recerca acadèmica i congressos dedicats a la música i les arts. Malauradament, per a molts, l'exploració de la intersecció entre art i ciència sovint es redueix a una mera comunicació científica o a treballs de divulgació. Si bé és cert que l'art ha demostrat ser efectiu en la comunicació científica —sobretot en institucions científiques capdavanteres com ara l'Organització Europea de Recerca Nuclear (CERN), on l'art i els artistes poden arribar a un públic amb el qual les institucions científiques per si soles poden tenir dificultats per relacionar-se— no hem de limitar la participació dels artistes en la recerca científica a l'àmbit de la comunicació.

La dissonància quàntica neix de les discrepàncies en la comprensió intuïtiva entre el món clàssic i el món quàntic. Fins i tot els físics quàntics malden per conciliar aquestes disparitats

El programa històric Experiments in Arts and Technology (EAT) dels Nokia-Bell Labs serveix d'exemple. El seu objectiu era fomentar la col·laboració entre artistes, científics i enginyers per empènyer els límits de la tecnologia i la creativitat. El programa es proposava facilitar projectes interdisciplinaris que fusionessin art, tecnologia i recerca científica, per tal d'impulsar la innovació i inspirar noves idees. Malauradament, el programa va ser víctima de la mentalitat empresarial actual orientada als beneficis i de les lluites econòmiques a què s'enfrontava l'organització. Després de 54 anys, el programa EAT es va tancar el 2021; una altra víctima de l'entorn cada cop més orientat als beneficis.

No obstant això, hi ha una altra perspectiva sobre la reticència en aquest camp interdisciplinari. Molts dels meus col·legues compositors investigadors creuen que aplegar física quàntica i música no aporta res de veritablement nou, i només és una altra forma de composició algorítmica, un procés que els compositors han estat explorant des de l'antiguitat, incloses les pràctiques dels antics grecs. Argumenten que el concepte d'utilitzar processos formals amb una intervenció humana mínima per crear música ja s'ha estudiat i aplicat àmpliament.

En resum, la percepció predominant és que els projectes d'art i ciència, inclosos els relacionats amb l'art quàntic, es veuen principalment com a fonts d'entreteniment més que com a treballs de recerca seriosos. Entre els especialistes en música, en particular, es creu que el nou territori per explorar dins d'aquest àmbit interdisciplinari és limitat. Aquesta actitud generalitzada contribueix al meu malestar al voltant del concepte d'art quàntic.

Dissonància quàntica

Dit això, tinc la forta sospita que la “dissonància quàntica” —com en dic jo amb picardia, perquè els físics utilitzen el terme d'una altra manera— té un origen més profund. Aquesta dissonància neix de les discrepàncies en la comprensió intuïtiva entre el món clàssic i el món quàntic. Fins i tot els mateixos físics quàntics sovint malden per conciliar aquestes disparitats.

Quan vaig començar a interactuar amb els investigadors, vaig quedar captivada pels fascinants i misteriosos fenòmens de la mecànica quàntica, com ara l'entrellaçament i la dualitat ona-partícula (que es troben entre els més exòtics). Aquests fenòmens ens fascinen perquè no els experimentem habitualment a la nostra vida quotidiana. Òbviament, efectes com ara la paradoxa del gat mort i viu alhora no es podrien produir mai al món clàssic on vivim. Per tant, moltes persones intenten entendre intuïtivament aquests fenòmens, i també n'he conegut que diuen que “no creuen” en la física quàntica. Fins i tot per a les que sí que hi “creuen”, continua sent al·lucinant imaginar que els mateixos àtoms que componen el nostre cos es comporten de manera tan diferent en determinades condicions (per exemple, a temperatures molt baixes). És ben clar que hi ha dos models diferents del món, en els quals no solament les coses es comporten de maneres completament diverses, sinó que els conceptes d'univers i de temps també serien dràsticament diferents si fem cas de les lleis de la mecànica quàntica.

Una vegada vaig parlar amb un investigador de física quàntica de l'ICFO que sempre tenia molta paciència i estava disposat a explicar les coses. Li vaig preguntar com tracten els investigadors les discrepàncies cognitives d'aquest tipus. Va somriure i va respondre: “El que fem molts de nosaltres és allò de ‘calla i calcula’.”

Tot i que aquesta actitud pot semblar una mica freda, destaca la importància de centrar-se en càlculs matemàtics i prediccions basades en teories físiques en lloc d'empantanegar-se en debats filosòfics o metafísics sobre el seu significat o interpretació. A mesura que els càlculs matemàtics de la mecànica quàntica es van fer més precisos, molts físics van

adoptar una actitud de “calla i calcula”, argumentant que les prediccions precises produïdes per la teoria eren més importants que qualsevol debat sobre la seva interpretació.

Els conceptes d'univers i de temps serien dràsticament diferents si fem cas de les lleis de la mecànica quàntica

Quan he intentat parlar d'aquest tema amb altres investigadors, sovint m'he trobat amb frustració, canvi de tema o rebuig total. Hi ha hagut excepcions, però; James Douglas, un físic teòric i coautor de *Quantum Physics for Hippiies*, em va mirar als ulls i va dir: “Per a mi, l'única interpretació coherent dels fenòmens quàntics és la interpretació dels molts mons, i aquesta creença emmarca com interpreto jo la vida quotidiana.”

La interpretació de molts mons

La interpretació de molts mons (IMM) és una interpretació específica de la mecànica quàntica proposada pel físic Hugh Everett III a la dècada del 1950. Segons aquesta interpretació, sempre que es fa un mesurament o una observació quàntica, l'univers es ramifica en múltiples còpies, cadascuna corresponent a un resultat possible i diferent d'aquesta mesura. Dit en altres paraules, tots els resultats possibles d'un esdeveniment quàntic es produeixen realment en una branca o “món” separats. En la interpretació de molts mons, aquestes múltiples branques o mons coexisteixen, però són inaccessibles entre si, és a dir, no hi ha interacció ni comunicació entre ells. Cada branca representa una realitat diferent amb el seu propi conjunt d'esdeveniments i resultats, tots existents paral·lelament.

La interpretació de molts mons sovint és confosa —o bé persones no especialistes la barregen— amb un concepte relacionat, però no idèntic, conegut com la teoria del multivers. Mentre que la interpretació de molts mons és una interpretació específica de la mecànica quàntica, la teoria del multivers és un marc més ampli que engloba diverses propostes per a múltiples universos més enllà del nostre. La teoria del multivers és un concepte més expansiu que suggereix l'existència de múltiples universos o una col·lecció d'universos paral·lels més enllà del nostre. Aquests universos podrien diferir en les seves lleis físiques, constants o condicions inicials, i conduir potencialment a realitats diferents. La teoria del multivers planteja diverses propostes i hipòtesis específiques, com ara el multivers bombolla, el multivers brana i el multivers del paisatge.

En la cultura popular, aquests conceptes han inspirat nombrosos creadors de ciència-ficció, com Terry Pratchett i Stephen Baxter a la seva novel·la *The Long Earth* i Stephen King a la seva sèrie de fantasia èpica *The Dark Tower*. L'èxit de la recent pel·lícula *Everything Everywhere All at Once* va ser degut a explorar les possibilitats que ofereixen aquests conceptes. La literatura, el cinema i la televisió els han explorat àmpliament, i sovint han presentat escenaris imaginatius que provoquen la reflexió.

Independentment de si en aquestes obres els conceptes de multivers i la interpretació de molts mons es presenten correctament o no, els plantejaments d'aquestes dues teories poden semblar un disbarat. Però aquestes idees han guanyat força entre físics i cosmòlegs com a possible explicació d'alguns dels misteris de l'univers; per exemple, el fi ajustament de les constants físiques i l'aparent falta de simetria en la radiació de fons de microones. Amb tot, l'existència de múltiples universos continua sent un tema de debat i recerca activa dins de la comunitat científica.

La literatura, el cinema i la televisió han explorat àmpliament la interpretació de molts mons i la teoria del multivers, i sovint han presentat escenaris imaginatius que provoquen la reflexió

Però si el doctor Douglas creu que existeixen moltes versions d'ell en universos paral·lels, no serien les seves experiències quotidianes completament diferents de les de la majoria de nosaltres, com a mínim? El coneixement de molts altres jos no el faria sentir incòmode? No influiria en les decisions que pren en la seva vida diària? I què passa amb la mort? Amb tantes versions d'ell mateix, la mort té algun significat per a ell? Si experimenta conseqüències desfavorables, li ofereix consol el coneixement d'un univers paral·lel en el qual va prendre diferents opcions? Com veu el doctor Douglas les altres persones que no comparteixen la seva creença en la teoria del multivers? Els considera menys il·lustrats quan veu la gent enfrontant-se a decisions difícils?

Fenòmens quàntics a través del so

Des de fa un temps, el físic teòric sènior de l'ICFO Maciej Lewenstein i jo hem col·laborat en projectes de recerca interdisciplinaris que tenen com a objectiu transmetre diversos fenòmens quàntics d'una manera intuïtiva a través del so. Malgrat que el so en si és un fenomen clàssic que pot sentir l'orella humana, trobem intrigant la connexió entre sons i conceptes com ara l'espai i l'efímer, especialment en relació amb determinats fenòmens de la física quàntica. Una àrea que ens interessa especialment és la possibilitat de fusionar l'aleatorietat quàntica amb la composició musical. Aquest interès comú sorgeix de l'àmplia experiència de Lewenstein en aleatorietat quàntica i la meva fascinació, que ve de lluny, per l'ús de la imperfecció i l'aleatorietat en la composició musical.

Els compositors moderns han explorat àmpliament la incorporació de l'aleatorietat en la composició musical mitjançant mètodes com ara les operacions atzaroses, els generadors de nombres aleatoris i la composició assistida per ordinador. No obstant això, els tipus d'aleatorietat emprats han estat en gran part de naturalesa aparent o determinista. El nostre treball actual se centra en l'ús de l'aleatorietat quàntica per manipular l'espectre de freqüència de Fourier dels paràmetres del so, que poden descobrir patrons de canvis tímbrics. L'aleatorietat quàntica perfecta evitaria patrons discernibles, mentre que l'aleatorietat clàssica eventualment en revelaria alguns, o, si més no, això és el que

pretenem determinar.

Fonamentalment, el nostre projecte és un intent d'adquirir una comprensió intuïtiva i acceptar el món quàntic, de la mateixa manera que físics com Douglas presumiblement perceben coses mitjançant els seus càlculs i coneixements. Douglas i altres que comparteixen les seves opinions (com David Deutsch, Sean Carroll i David Wallace) sobre la interpretació de molts mons semblen estar en minoria entre els físics quàntics. La majoria dels físics, sabent-ho o sense saber-ho, s'adhereixen a l'enfocament del "calla i calcula". Això posa de manifest la complexitat d'entendre els conceptes generals de la física quàntica i les dificultats que comporta conciliar la nostra comprensió intuïtiva del món quàntic. Tant si té a veure amb la interpretació de molts mons com si no, el meu objectiu és reconciliar personalment ambdós mons, de manera que la meva comprensió sigui intuïtiva. Tot i que assolir aquest objectiu pugui semblar complicat, continuaré explorant l'ús del so com a eina en la meva tasca. Tecnòlegs musicals i artistes com Eduardo Miranda i Spencer Topel han estat investigant activament la intersecció de la física quàntica i la música. Tots dos aprofundeixen en àrees com la música quàntica per ordinador i els oscil·ladors quàntics, entre altres vies intrigants. Aquests curiosos artistes investigadors són només dues de les nombroses persones que exploren la interrelació entre la física quàntica i la música.

Defensar la recerca interdisciplinària més enllà de l'impacte econòmic

Als qui qüestionen l'impacte econòmic de camps interdisciplinaris com aquest, sovint em trobo fent-los un discurs semblant al que se sol fer en defensa de la recerca fonamental en ciència. Malgrat que pugui semblar arrogant, és la resposta més sincera que puc oferir actualment. En el documental *Bojos per les partícules*, un economista del públic va plantejar una pregunta al físic David Kaplan sobre els beneficis econòmics de dur a terme les costoses col·lisions inicials protó-protó al Gran Col·lisionador d'Hadrons el 2008 i els possibles descobriments que s'havien de fer. Kaplan va respondre orgullós: "No en tinc ni idea", i va continuar dient: "Quan es van descobrir les ones de ràdio, no es van anomenar ones de ràdio perquè no hi havia ràdios. Al principi es van descobrir com una forma de radiació. La ciència bàsica necessària per als descobriments innovadors sovint requereix no centrar-se únicament en els beneficis econòmics. El que cal fer és preguntar-nos sobre el que no sabem i cap a on podem avançar."

És possible que la font de la meva incomoditat respecte al terme *art quàntic* sigui deguda principalment a les implicacions econòmiques que comporta. En el fons, desitjo que tothom quedi captivat pel seu sentit inherent de misteri, que engloba tots els esforços infructuosos per fusionar dos camps diferents i descobrir les possibilitats minúscules on s'entrecreuen, en lloc de centrar-me en resultats obvis mesurats per la fama, els grans descobriments, els premis d'art i els guanys econòmics. En resum, el terme sembla que dona més importància als resultats que al procés, de manera que es dona un valor desproporcionat al resultat final i s'eclipsa la importància del procés creatiu.

Personalment, crec que tant la creació artística com la recerca científica requereixen una

inversió en el procés en si, fins i tot quan això comporta pèrdues econòmiques i no fa una contribució directa a una finalitat més gran. Aquesta convicció neix del reconeixement de l'immens valor inherent als actes de recerca i creació impulsats per la curiositat i la passió autèntiques. Aquests esforços transcendeixen el mer benefici econòmic o el reconeixement institucional. No obstant això, el terme *art quàntic* d'alguna manera serveix com a recordatori que la meua visió romàntica potser no és compartida universalment, i aquesta constatació potser explica la meua dissonància quàntica.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Bacciagaluppi, Guido; Valentini, Antony (2009). *Quantum theory at the crossroads: reconsidering the 1927 Solvay conference*. Cambridge, Regne Unit: Cambridge University Press.
- DeWitt, Bryce Seligman; Graham, Neill (eds.) (1973). *The many-worlds interpretation of quantum mechanics* (vol. 61). Princeton University Press.
- Neumeier, Lukas; Douglas, James (2019). *Quantum Physics for Hippies*. [Publicació independent].



Reiko Yamada

Reiko Yamada és una compositora i artista sonora nascuda a Hiroshima, Japó. Doctora en Composició Musical per la Universitat McGill, ha rebut nombrosos premis i beques de prestigi. Va ser becària a l'Institut d'Estudis Avançats Radcliffe de la Universitat de Harvard, artista resident a l'Institut de Música Electrònica i Acústica (IEM) de la Universitat de Música i Arts Escèniques de Graz, a Àustria, *innovator-in-residence* al Colorado College i artista resident del programa europeu S+T+ARTS. Els seus projectes han estat encarregats o finançats per New Music USA, el Consell de les Arts del Canadà, l'Institut de Recerca i Coordinació Acústica/Música (IRCAM), el Centre Interdisciplinari de Recerca en Música, Multimèdia i Tecnologia (CIRMMT), el Consell de les Arts i les Lletres del Quebec, la companyia Armitage Gone! Dance, el Centre de Recerca sobre l'Orgue de la Universitat de Música i Arts Escèniques de Graz i la Comissió Europea, entre d'altres. Les seves obres s'han presentat en sales com el Metropolitan Museum Breuer (Nova York) i el festival Sónar. Actualment és investigadora postdoctoral a l'Institut de Ciències Fotòniques (ICFO).