

Entrevista amb Murray Gell-Mann

Domènec Espriu* i Romuald Pastor†

La present entrevista va ser realitzada pels autors el passat 20 de març de 1995. Aquell dia el professor M. Gell-Mann va pronunciar una conferència al Museu de la Ciència de la Fundació "la Caixa", amb motiu de la publicació de la traducció espanyola del seu llibre El quark y el jaguar per Tusquets Editores.

Quina influència han exercit sobre la seva concepció de la física els seus altres interessos científics, com la lingüística, l'arqueologia, etc.?

És una pregunta molt interessant. El meu estil en física sempre ha tingut ingredients de les ciències naturals, com classificar, buscar patrons... Però atès que tinc les dues tendències, tant l'apollínia cap a allò racional, lògic i analític, com la dionisiàca cap a la síntesi, allò intuïtiu i emocional, que en el llibre anomeno tendència odisseica, també he elaborat teories detallades, teories matemàtiques. He treballat en cromodinàmica quàntica, en el grup de renormalització i en la formulació de la teoria de camps basada en relacions de dispersió, precursora de la teoria de supercordes. Així doncs, he fet ambdós tipus de coses i fins i tot les he combinat: per exemple, classificant les partícules, segons el model dels quarks i també contribuint a la construcció de la teoria matemàtica actual dels quarks i els gluons.

En alguna part del seu llibre diu que hi ha una analogia entre el procedir de l'empresa científica i l'evolució genètica.

És cert. Es tracta en ambdós casos de sistemes complexos adaptatius, com ho són altres moltes coses: l'aprenentatge en els éssers humans i en la resta d'animals, el funcionament del sistema immunitari, el funcionament dels sistemes complexos adaptant-se en ordinadors. Hi ha molts exemples.

Quins són els principals temes d'investigació que s'estan desenvolupant actualment a l'Institut de Santa Fe?

N'hi ha molts, però en puc citar alguns. Es treballa en computació adaptativa. S'investiguen sistemes complexos adaptatius en ordinadors: xarxes neuronals, al-

gorismes genètics, el programa ECHO, altres mètodes basats en analogies amb el sistema immunitari. Es tracten d'efectuar càlculs adaptatius. Hi ha una qüestió molt interessant que plantejo en el llibre: quina és la classe de sistemes complexos adaptatius a la qual pertanyen alguns algorismes genètics, les xarxes neuronals i les analogies del sistema immunitari que s'estudien en ordinadors? No ens hauríem de limitar a contemplar els sistemes naturals i copiar-los, sinó que hauria de ser possible disposar d'una classe entera de sistemes complexos adaptatius en ordinadors, d'alguns dels quals no tindríem notícia a partir de l'experiència del món que ens envolta. Potser existeixen en altres planetes!

Hi ha una altra línia d'investigació en la qual es treballa des de fa bastants anys i que té a veure amb el perfeccionament de certs aspectes de la ciència de l'economia. No es tracta d'una cosa exclusiva de l'Institut de Santa Fe. Hi ha bastants economistes molt coneguts compromesos en la reforma de la seva disciplina. En aquest camp, la tendència consisteix a evitar una racionalitat excessiva, una informació excessivament perfecta, uns mercats perfectes, un èmfasi excessiu en totes aquestes idealitzacions, que és absurd i fins i tot contradictori.

Abans s'eliminava la variable temps del problema, quan en realitat el temps és molt important. Quan s'inclou el temps, es topa amb l'evolució, amb l'adaptació, amb una informació imperfecta, uns mercats imperfectes, una racionalitat imperfecta i altres realitats. En canvi, tal com dic en el llibre, l'economia necessita més que això. També cal insistir en la qualitat, en la irreversibilitat i coses d'aquest estil per entrar en contacte amb els problemes reals d'aquest món. També hi ha l'evolució de les preferències. La idea antropocèntrica que consisteix a tractar les preferències humanes individuals com a realitats fixes que s'han de satisfer a qual-sevol preu, sempre que la seva distribució sembli acceptable, és una idea absurda. Perquè la ciència mostra que algunes preferències humanes no funcionen. Sovint són inconsistents i porten a conflictes. Tot això no és raonable. Algunes preferències humanes són incompatibles amb la sostenibilitat. Hi ha, al mateix temps, la idea de molts economistes clàssics segons la qual quan alguna cosa s'exhaureix sempre hi ha algun substitut. Si s'exhaureixen els arbres, es poden fer arbres de plàstic. Es pot exhaurir l'aigua, o l'aire, però llavors es podrà

*Domènec Espriu és professor titular del Departament d'Estructura i Constituents de la Matèria a la UB.

†Romuald Pastor és llicenciat en Física i treballa al Museu de la Ciència de Barcelona.

fabricar alguna cosa nova per respirar. Probablement, res d'això és raonable. Així doncs, hi ha realment moltes maneres de reformar l'economia. En qualsevol cas, a l'Institut de Santa Fe, i en altres llocs, s'investiga sobretot en la primera direcció apuntada.

Sens dubte, jo treballo amb els meus col·legues, com Seth Lloyd, en el significat de la simplicitat i la complexitat, en el funcionament dels sistemes complexos adaptatius i en les regles generals que els governen. També investigo, sobretot amb Jim Hartle, com el món quasi clàssic que veiem al nostre voltant emergeix de la mecànica quàntica.

Aquests tres temes recorren en certa mesura a les mateixes matemàtiques. Si s'escriu la definició tècnica de la complexitat efectiva i se li afegeix una espècie de mesura de la informació, llavors la suma d'aquestes dues magnituds es presenta en els tres àmbits. Es presenta, evidentment, en la definició de la complexitat efectiva en la informació: es tracta de la suma d'ambdues. També es presenta en l'entropia expressada en unitats de $k\text{Blog}2$. Es presenta, així mateix, en la definició de l'aprenentatge, ja que si es consideren no ja esquemes competitiu incompatibles entre si, sinó la identificació de regularitats successives i compatibles que es van acumulant, llavors aquesta magnitud mesura el progrés de l'aprenentatge. En un altre camp, el de la mecànica quàntica, hi ha històries alternatives de l'Univers que es construeixen de diverses maneres i es vol obtenir una mesura de la "classicalitat". Doncs bé, la mateixa magnitud mesura aquest comportament. Trobem, per tant, unes semblances interessants que ens permeten abastar amb el mateix aparell matemàtic diversos camps que a primera vista semblen completament diferents. I em sembla que Jorge Wagensberg pensa coses similars sobre bastants qüestions.

Vostè sap que molta gent es mostra escèptica respecte a la teoria de la complexitat. Molta gent creu que el que s'està fent és molt interessant, que estaria molt bé disposar de classes d'universalitat, etc. Però molts altres creuen que tot aquest camp està resultant bastant estèril.

No estic parlant de la teoria de la complexitat, sinó de l'estudi del simple i el complex. Cal donar temps al temps. És molt aviat encara. Per exemple, molta gent està treballant en la interessant observació que en molts camps s'adverteix una tendència aparent dels sistemes complexos adaptatius, compostos com a mercats econòmics formats per inversors, sistemes ecològics formats per organismes, sistemes socials formats per individus, etc., a evolucionar cap a una regió molt reduïda de transició entre l'ordre i el desordre, entre un gran ordre i un gran desordre, en la qual ocorren certes coses. En primer lloc, aquests sistemes evolucionen fins a aquesta regió; en segon lloc, aquesta regió és molt adequada per a l'adaptació; i en tercer lloc, aquesta regió porta a lleis

d'escala. En el meu llibre cito, per exemple, el cas de les costes rocoses de la zona nord-oriental del mar de Cortés, on viuen criatures tals com musclos, que són objecte de depredació per part d'altres organismes com les estrelles de mar. Si es calcula el percentatge de superfície rocosa ocupada per cada una d'aquelles espècies i s'ordenen els resultats en diversos rangs, s'obté una llei d'escala molt similar a la llei de Zipf. Si ocorre un accident d'algun tipus, per exemple una contaminació, que elimini el depredador més important, l'estrella de mar de 22 braços *Heliaster kubiniji*, l'equilibri entre les espècies s'ajustarà perquè el patró de depredació haurà estat alterat; en canvi, continuarà regint la llei d'escala.

En economia, tenim la llei de Pareto per als ingressos més alts, que també és una llei d'escala. Si es pertorba aquesta situació amb una revolució comunista o alguna cosa per l'estil i al cap d'un temps es restableix el capitalisme, la llei torna a regir. Per tant, la idea no és tan absurda. No m'agrada el nom amb el qual alguns designen el fenomen: adaptació en el llindar del caos. Pot ser que no es tracti d'un llindar, potser l'origen del desordre no és el caos en un sentit estricte. En tot cas, es tracta d'un tema d'investigació molt interessant.

Aquest és un dels productes de l'Institut de Santa Fe als quals alludia. Un altre producte és el sistema ECHO de Holland i els seus col·laboradors, que, en tant que mètode de computar i modelitzar sistemes, va molt més enllà dels algorismes genètics. Un dels avenços més grans ha consistit en la construcció de models informàtics extremadament simples que incorporen una petita dosi d'atzar. Aquests models, en canvi, aconsegueixen produir una gran quantitat de complexitat aparent i de vegades una gran quantitat de complexitat real. Cal tenir en consideració tot l'espectre que abracen aquests models. En un extrem, tenim models de gran simplicitat, aparentment, sense accidents històrics. Són molt generals i simples i podrien donar-se en molts llocs de l'Univers. Res assenyala en aquests el planeta Terra. Són molt instructius i comparativament fàcils d'analitzar. Si el que es vol és aplicar aquests resultats al coneixement del que ocorre a la Terra, en les ciències de la vida o especialment als problemes de gestió de la societat humana, cal incloure moltíssimes dades relatives al nostre planeta que hi han anat emergint històricament: propietats dels organismes, propietats de la Terra, propietats dels éssers humans, propietats de les societats humanes. Però quan s'incorporen aquests resultats específics, els models, òbviament, es tornen més complicats. Són més difícils d'analitzar però més realistes. També necessitem diferents nivells d'organització, amb esquemes que operin en cadascun d'ells: esquemes per a sistemes familiars, esquemes per a pobles, esquemes per a aliances entre pobles i així successivament. Quan es fa això, sorgeix un problema, perquè, d'una banda, els nivells d'organització emergeixen en el model a partir dels

més baixos, però, d'altra banda, volem que apareguin tal com s'han desenvolupat històricament. Es tracta d'un problema que cal abordar. Tot això és molt interessant i està en curs d'estudi.

Adverteixo en el llibre contra l'aplicació de models simples com a pautes de conducta en política, ja que s'estaria intentant encaixar els éssers humans i les societats humanes en el llit de Procusto d'una teoria matemàtica aproximada, que és precisament allò de què acusàvem els economistes, o alguns economistes. En els pitjors casos, com ja se sap, s'han fet servir pseudociències per justificar matances, discriminacions i tot tipus de coses horribles. Per tant, adverteixo contra l'ús de tot això com a pròtesi per a la imaginació. El camí emprès és probablement el millor, però cal tenir molt en compte la qüestió del detall, de quant detall incorporar.

Pel que fa a l'economia, s'han fet enormes progressos a l'Institut de Santa Fe i en altres llocs. La teoria clàssica, amb el seu concepte de la perfecció, no permet cap fluctuació, no deixa cap oportunitat per als mercats reals. I aquestes són les coses que ara s'estan investigant. Dos dels meus col·legues, com ja se sap, han creat una empresa inversora i les coses els van molt bé. Es basen en els aspectes no aleatoris dels mercats financers. Generalment, la magnitud més fàcil d'estudiar és el canvi temporal de la fluctuació mitjana. I aquest estudi el porten a terme no a partir del caos com vaig dir al llibre (el que he dit al llibre no és fals, però no capta el veritable concepte). Les seves eines de treball, vaig dir, deriven de l'estudi del caos. Això és cert, però no és el caos el que realment utilitzen, sinó alguna cosa més semblant a les xarxes neuronals o als algorismes genètics. I el que principalment estudien, i els està donant molts diners, és la desviació quadràtica mitjana i la fluctuació de la desviació quadràtica mitjana. Es tracta de tot un avenç, ja que fa uns pocs anys encara es podia llegir que els mercats es limitaven a fer un passeig aleatori entorn dels valors establerts pels principis de mercat.

Què comporta el descobriment del quark top?

En el moment estàndard, calia descobrir el *quark top*. Calia fer aquesta confirmació de la teoria perquè si el *quark top* no existís amb una massa inferior a uns 200 GeV, el *quark top* no faria el seu treball com a tal, seria una altra cosa. Els teòrics esperaven aquest descobriment. D'altra banda, persisteix la necessitat de trobar els bosons d'Higgs, de verificar-ne l'existència. Aquests bosons tenen una gran importància perquè estan connectats amb la violació espontània de la simetria, amb l'existència de masses no nul·les. A més, fora del model estàndard, hi ha les prediccions de la teoria de supercordes, únic candidat per a la teoria unificada de totes les partícules elementals i totes les forces de la natura, que prediu per exemple l'existència d'una supercompanya més pesada per a cada partícula coneguda. No podem calcular amb precisió la diferència típica de massa entre

una partícula coneguda i la seva supercompanya, però hi ha indicis que aquesta diferència de massa no és gaire gran. Per això, és molt important construir nous acceleradors, com l'LHC de Ginebra, i tractar de verificar l'existència de les supercompanyes, que constitueix una predicció de la teoria de supercordes. La teoria de supercordes ja ha tingut algun èxit perquè conté la teoria de la gravitació d'Einstein d'una manera compatible amb la mecànica quàntica, sense quantitats infinites, sense problemes, per primera vegada en la història. És extraordinàriament important.

Aconsellaria als seus amics de l'Institut de Santa Fe que apostessin diners per la teoria de les supercordes?, vostè hi creu realment?

No, no vull dir això. Crec que es tracta d'una molt bona candidata. És l'única que hem tingut i gaudeix de grans possibilitats de ser correcta. Si per alguna raó no ho fos, estaria molt a prop de ser-ho. En qualsevol cas, hauríem de verificar-la, o tractar de verificar-la, en lloc de fer com algun dels meus col·legues, que ironitzen sobre ella i declaren a la premsa que és inverificable. Quasi tothom amb qui parlo d'aquest tema diu que és ben sabut que la teoria és inverificable. No és tan difícil de verificar. Per exemple, es pot tractar de trobar les superpartícules. Per què és tan difícil?

Quin futur pensa que té la física d'altres energies, especialment als Estats Units?

No ho sé. Suposo que, degut a la decisió de suspendre la construcció de l'SSC, els físics experimentals hauran de treballar en el CERN. És l'única possibilitat. En qualsevol cas, crec que la cooperació internacional és una idea magnífica.

Nota en els seus col·legues la impressió que aquest és un camp de retrocés, tal com ho afirmen algunes persones?

No, en absolut. No crec que aquest sigui un camp en retrocés. Estem tractant de verificar totes aquestes fantàstiques teories que constituïrien, tal vegada el més important de les síntesis. El més notable és la possibilitat que puguem realment construir la teoria de les partícules elementals. Perquè això implicaria que realment hi ha una teoria, que no és tan sols una categoria de la ment humana seguida per una altra categoria de la ment, en el sentit kantianista. Si realment trobem una teoria és que hi ha una teoria. Altres sistemes adaptatius complexos intel·ligents en una altra part de l'univers podran trobar la mateixa teoria, amb una notació diferent tal vegada, o escrita amb vuit o quatre mans, però la mateixa teoria.